

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroniky**

**Bezpečnostní funkce u měničů pro elektrické pohony**  
Safety Functions for Electric Drives

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Tomeček**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 2612T003 Aplikovaná elektronika  
Téma: **Bezpečnostní funkce u měničů pro elektrické pohony**  
**Safety Functions for Electric Drives**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši nutných, dostupných a používaných bezpečnostních funkcí vyžadovaných u elektrických pohonů.
2. Proveďte vyhodnocení, které z těchto funkcí je možné řešit na straně měniče a které na straně nadřazeného řídicího systému.
3. U vybraného typu elektrického pohonu proveďte praktické ověření v prostředí elektrický pohon a výkonový měnič.

### Seznam doporučené odborné literatury:

Weidauer, J., Messer, R.: Electrical Drives: Principles, Planning, Applications, Solutions, Erlangen 2014

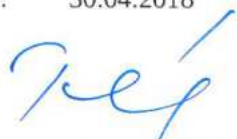
Brown, S.J.: Functional Safety of Electrical Machines and Drives, Published in: Electrical Machines and Drives, 1997 Eighth International Conference on (Conf. Publ. No. 444)

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav Sládeček, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018



doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.  
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 25.4.2018

  
.....  
podpis studenta

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Václavu Sládečkovi, Ph.D., za cenné rady, konzultace a připomínky k vytvoření mé diplomové práce.

## **Abstrakt**

Diplomový projekt je vytvořen za účelem demonstrační úlohy, ukázky možných bezpečnostních prvků v průmyslu s bezpečností SIL3 a PLe, následného ovládání měniče s množností čtení a zapisování dat za pomoci vizualizace a PLC prostřednictvím komunikace Ethernet. V projektu bylo realizováno bezpečné vypnutí krouticího momentu u asynchronního motoru za pomoci bezpečnostního relé MSR127TP a možných havarijních stavů měniče proudového, momentového přetížení, přerušení komunikace atd.. Bezpečné vypnutí krouticího momentu je realizováno za pomoci hardwarového zapojení a softwarového řešení.

Tato diplomová práce obsahuje základní popis funkcí bezpečnostních systému a vlastností elektrických pohonů, jejich řízení a programování. Dále se práce zabývá ukázkou různých bezpečnostních funkcí v průmyslových aplikacích. Získané informace a poznatky byly využity v praktické části této diplomové práce, tedy k vytvoření projektu pro bezpečné vypnutí krouticího momentu u frekvenčního měniče Powerflexu 525.

## **Klíčová slova**

Bezpečnostní funkce, Allen Bradley, RSLogix 500, RSLinx, MicroLogix 1400, Connected Components Workbench, Bezpečnostní relé, PanelView C600, PowerFlex 525.

## **The Abstract**

The Diploma Thesis is created for purpose demonstration task of possible security features in the SIL3 and PLe security industry, subsequent control of the drive with reading and writing of data through visualization and PLC via Ethernet communication. The project has implemented a safe torque off for an asynchronous motor with the MSR127TP safety relay and possible emergency states of the current, torque overload converter, interrupted communication, etc. The safe torque off is realized by means of a hardware connection and a software solution.

This Diploma Thesis contains basic description of functions of safety systems and properties of electric drives, their control and programming. Further, the thesis deals with the demonstration different safety functions in industrial applications. The obtained information and findings were used in the practical part of this Diploma Thesis, then to create a project for safe torque off at the Powerflex 525 frequency inverter.

## **The Keywords**

Safety function, Allen Bradley, RSLogix 500, RSLinx, MicroLogix 1400, Connected Components Workbench, Safety relay, PanelView C600, PowerFlex 525

## Obsah

<b>Seznam použitých symbolů a zkratk.....</b>	<b>8</b>
<b>Seznam ilustrací .....</b>	<b>9</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>10</b>
<b>1. Úvod .....</b>	<b>11</b>
1.1. Cíle diplomové práce.....	12
<b>2. Bezpečnostní normy v průmyslových aplikacích .....</b>	<b>13</b>
2.1. Rozdělení norem.....	13
2.2. Normy ČSN EN ISO .....	14
2.2.1. ČSN EN ISO 13849-1 .....	14
2.2.2. ČSN EN 954-1 .....	14
2.2.3. ČSN EN ISO 62061 .....	15
2.2.4. ČSN EN ISO 14121-1 .....	16
2.2.5. ČSN EN ISO 60204-1 .....	16
<b>3. Bezpečnostní funkce u měničů pro elektrické pohony.....</b>	<b>17</b>
3.1. Aplikace a principy.....	17
3.2. Safe stop functions - bezpečnostní vypínací funkce.....	19
3.3. Popis jednotlivých bezpečnostních funkcí.....	22
3.3.1. Kategorie bezpečného zastavení 0 - (neřízené zastavení).....	22
3.3.2. Kategorie bezpečného zastavení 1 - (řízené zastavení s odpojením od zdroje)...	22
3.3.3. Kategorie bezpečného zastavení 2 - (řízené zastavení bez odpojení napájení) ...	22
3.4. Funkce pro bezpečné zastavení pohonu .....	23
3.4.1. Safe torque off - (STO).....	23
3.4.2. Safe stop 1 - (SS1) .....	24
3.4.3. Safe stop 2 - (SS2) .....	25
3.4.4. Safe operating stop - (SOS) .....	26
3.5. Funkce pro bezpečné řízení brzdy .....	27
3.5.1. Safe brake control - (SBC) .....	27
3.5.2. Safe brake test - (SBT) .....	27
3.6. Funkce pro bezpečné sledování pohybu pohonu .....	28
3.6.1. Safely-limited speed - (SLS) .....	28

3.6.2.	Safe speed monitor - (SSM) .....	29
3.6.3.	Safe direction - (SDI) .....	29
3.7.	Funkce pro bezpečné sledování pozice pohonu.....	30
3.7.1.	Safely-limited position - (SLP).....	30
3.7.2.	Safe cam - (SCA).....	31
<b>4.</b>	<b>Praktická aplikace bezpečnostní funkce s komponenty A - B .....</b>	<b>32</b>
4.1.	Seznam elektrických komponentů potřebných k realizaci .....	33
4.1.1.	Allen Bradley Panelview C600 .....	33
4.1.2.	MicroLogix 1400 .....	34
4.1.3.	AC drive PowerFlex 525 .....	36
4.1.4.	Bezpečnostní relé MSR127TP.....	38
4.1.5.	Bezpečnostní stykač .....	39
<b>5.</b>	<b>Realizace projektu v RSLogix 500 .....</b>	<b>40</b>
5.1.	Hardwarové zapojení bezpečnosti SIL3 a PLe .....	40
5.2.	Nastavení komunikace PC s PLC .....	41
5.3.	Vytvoření projektu.....	41
5.4.	Struktura programu.....	42
5.4.1.	Hlavní program.....	42
5.4.2.	Komunikace.....	43
5.4.3.	Status .....	47
5.4.4.	Ovládání.....	48
5.4.5.	Výstupy.....	48
<b>6.</b>	<b>Vytvoření vizualizace projektu v CCW.....</b>	<b>49</b>
6.1.	Vytvoření projektu vizualizace.....	49
6.1.1.	Nastavení hodnot Tags .....	49
6.1.2.	Nastavení alarmů .....	51
6.2.	Screeny diplomového projektu.....	51
6.2.1.	Screen 1 - Hlavní .....	51
6.2.2.	Screen 2 - Řízení motoru .....	52
6.2.3.	Screen 3 - Aktuální schéma .....	53
6.2.4.	Screen 4 - Aktuální hodnoty .....	53
6.2.5.	Screen 5 - Bezpečnostní schéma.....	54

6.2.6.	Screen 6 - Alarmy .....	55
<b>7.</b>	<b>Nastavení parametrů Powerflexu 525 v CCW .....</b>	<b>56</b>
7.1.	Nastavení parametrů měniče pomocí softwaru CCW.....	57
<b>8.</b>	<b>Měření.....</b>	<b>59</b>
<b>9.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>64</b>
<b>10.</b>	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>65</b>
<b>11.</b>	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>67</b>
11.1.	Příloha I.: CD.....	67
11.2.	Elektrické schéma Eplan.....	67
11.3.	Certifikace bezpečnostní funkce PowerFlexu 525.....	67



## Seznam použitých symbolů a zkratek

ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
ISO	International Organization for Standardization
SIL	Safety Integrity Level - úroveň bezpečnostní integrity
STO	Safe torque off - bezpečné vypnutí krouticího momentu
SS1	Safe Stop 1 - bezpečné zastavení 1
SS2	Safe Stop 2 - bezpečné zastavení 2
SOS	Safe Operating Stop - bezpečné provozní zastavení
SLS	Safely Limited Speed - bezpečné omezení rychlosti
SLA	Safely Limited Acceleration - bezpečné omezení zrychlení
SAR	Safe Acceleration Range - rozsah bezpečného zrychlení
SSR	Safe Speed Range - rozsah bezpečných rychlostí
SSM	Safe Speed Monitor - monitor bezpečné rychlosti
SMS	Safe maximum speed - bezpečná maximální rychlost
SLI	Safe Limited Increment - bezpečná omezená mezní hodnota
SDI	Safe Direction - bezpečný směr
SLP	Safe Limited Position - bezpečná omezená pozice
SLT	Safe Limited Torque - bezpečně omezený točivý moment
STR	Safe Torque Range - rozsah bezpečného točivého momentu
SMT	Safe Motor Temperature - bezpečná teplota motoru
SCA	Safe Cam - bezpečně specifikovaná mezní hranice
SBC	Safe Brake Control - bezpečné ovládání brzdy
SBT	Safe brake test - bezpečný test brzy
HMI	Human - machine interface - rozhraní mezi člověkem
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
AO	Analog Output - analogový výstup
CCW	Connected Components Workbench - program od Rockwellu
DC	Direct Current – stejnoměrný
AC	Alternating Current – střídavý
DI	Digital Input - digitální vstup
HP	Horse Power - koňská síla
I/O	Input / Output - vstup/výstup
JSR	Jump To Subroutine - instrukce skoku do jiného programového souboru
LCD	Liquid Crystal Display - displej z tekutých krystalů
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
NC	Normally Closed - kontakt rozpínací
NO	Normally Open - kontakt spínací
PC	Personal Computer - počítač
PLC	Programmable Logic Controller - programovatelný logický kontrolér
TON	Timer On - časování do zapnutí
XIO	Examine If Open - kontakt rozpínací

## Seznam ilustrací

<i>Obr. 1) Rozdělení norem .....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 2) Decentralizované bezpečnostní systémy [7] .....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 3) Vnitřní bezpečnostní schéma měniče [7] .....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 4) Zastavení 0 [8] .....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 5) Zastavení 1 [8] .....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 6) Zastavení 2 [8] .....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 7) Jednotlivé funkce bezpečnostní linky [9] .....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 8) Funkce STO [10] .....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 9) Funkce SSI [10] .....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 10) Funkce SS2 [10] .....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 11) Funkce SOS [10] .....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 12) Funkce SBC [10] .....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 13) Funkce SBT [10] .....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 14) Funkce SLC [10] .....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 15) Funkce SSM [10] .....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 16) Funkce SDI [10] .....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 17) Funkce SLP [10] .....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 18) Funkce SCA [10] .....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 19) Praktická aplikace diplomové práce .....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 20) Display PowerView C600 [11] .....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 21) Konstrukční schéma PanelView C600 [11] .....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 22) MicroLogix 1400 [12] .....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 23) Konstrukční schéma MicroLogix 1400 [13] .....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 24) Rada PLC 1766-L32BXBA [13] .....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 25) PowerFlex 525 .....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 26) Konstrukční a elektrické schéma PowerFlex 525 .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 27) MSR127TP [15] .....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 28) Blokové schéma bezpečnostního relé MSR127TP [15] .....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 29) Bezpečnostní stykač řady 700S-CF .....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 30) Hardwarové zapojení bezpečnostní funkce .....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 31) RSLinx Classic Lite .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 32) Výběr typu procesoru .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 33) Hlavní program .....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 34) Princip vykonávání funkce JSR .....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 35) LAD 3 komunikace .....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 36) N-File adresy měniče .....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 37) Nastavení zprávy zápisu MG22:0 .....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 38) Nastavení zprávy zápisu MG9:1 .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 39) Nastavení zprávy čtení MG9:2 .....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 40) Nastavení zprávy pro čtení akt. výstupního proudu .....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 41) Adresy pro čtení aktuálních a nastavených hodnot z měniče [14] .....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 42) Ladder XOR brzdy .....</i>	<i>48</i>

Obr. 43) CCW nastavení .....	49
Obr. 44) Screen 1 - Hlavní .....	52
Obr. 45) Screen 2 - Řízení motoru.....	52
Obr. 46) Screen 3 - Aktuální schéma.....	53
Obr. 47) Screen 4 - Aktuální hodnoty.....	54
Obr. 48) Screen 5 - Bezpečnostní schéma .....	55
Obr. 49) Screen 6 - Alarmy .....	55
Obr. 50) Hlavní nabídka a popis ovládání měniče [17].....	56
Obr. 51) Connection Browser pro připojení měniče.....	57
Obr. 52) Nastavení parametrů měniče .....	57
Obr. 53) Průběh zapnutí na frekvenci 25 Hz.....	59
Obr. 54) Průběh vypnutí z frekvence 25 Hz.....	59
Obr. 55) Průběh zapnutí na frekvenci 50 Hz.....	60
Obr. 56) Průběh vypnutí z frekvence 25 Hz.....	60
Obr. 57) Aktivace bezpečnostní funkce z frekvence 25 Hz .....	61
Obr. 58) Aktivace bezpečnostní funkce z frekvence 50 Hz .....	61
Obr. 59) Doba aktivace vypnutí brzdy.....	62
Obr. 60) Doba regenerace měniče z nechtěného zastavení.....	62
Obr. 61) Aktivace brzdy snímání NO kontaktu.....	63
Obr. 62) Aktivace hl. vypínače .....	63

## Seznam tabulek

Tab. 1) Rozměry PanelView C600.....	34
Tab. 2) Rozměry MicroLogix 1400.....	35
Tab. 3) Rozměry Powerflexu 525 [14] .....	37
Tab. 4) Parametry Monitaur 440R-N23126 [13].....	39
Tab. 5) Zobrazení stavů z frekvenčního měniče.....	47
Tab. 6) Ovládání stavů frekvenčního měniče .....	48
Tab. 7) Komunikační proměnné mezi PLC a PowerView .....	50
Tab. 8) Nastavení alarmů .....	51
Tab. 9) Nastavené parametry měniče .....	58

## 1. Úvod

Elektrické pohony jsou dnes nejdůležitějším zdrojem pro mechanickou energii ve strojích a průmyslových zařízeních. V našem moderním světě je nasazení frekvenčních měničů pro řízení elektrických pohonů zcela běžnou praxí. S elektrickými pohony se můžeme setkat nejčastěji v průmyslovém prostředí (dnes již také v domácnostech), kde nahrazují klasické mechanické převodovky regulací otáček točivých zařízení. Podstatnou výhodou elektrických pohonů oproti převodovkám je výborná regulace otáček v širokém rozsahu se zachováním vysokého momentu.

Ačkoliv historie elektrických pohonů je stará více než 100 let, v dnešní době je dynamičtější a vyspělejší než kdy jindy. Začíná to samotnými elektromotory, srdcem všech elektrických pohonů, které jsou dnes k dispozici v nejširším rozsahu návrhů a výkonových tříd - od standardních motorů pro přímý provoz až po vysoce výkonné servomotory. Ve vývoji se také odlišují prostřednictvím svých stále důmyslnějších návrhových principů a použitím nových materiálů. Menší, lehčí a efektivnější elektromotory dávají konstruktérům nové stupně svobody, prosazující vývoj strojů a vybavení zařízení.

Řídicí jednotky elektrických pohonů jsou stále dynamičtější a menší díky rychlým, nízkým spínacím ztrátám výkonových polovodičů a rychlejším mikroprocesorům, stejně jako moderní výrobě a technologií. V kombinaci s inovativními elektromotory se točivý moment, rychlost a umístění elektrických pohonů v daném okamžiku dají nastavit přesně tak, jak je požadováno do výrobního procesu. V mnoha případech řídicí jednotka a elektrický motor jsou spojeny a kombinovány v jednom zařízení. Zejména elektro-mobilita pohání vývoj skutečných mechatronických systémů, ve kterých je převodovka, elektromotor a řídicí jednotka dohromady, aby se přizpůsobily řízení pohonů. Jako součást moderního automatizačního řešení musí být elektrické pohony univerzálně koordinovány. Aby to bylo možné, jsou vybaveny komunikačními rozhraními, stejně jako integrované řízení, bezpečnostní a diagnostické funkce, které přesahují rámec klasický řídicích pohonů. To umožňuje konstruktérovi provádět požadovanou koordinaci funkcí centrálně, distribucí nebo v samotné jednotce. Prostřednictvím technického pokroku a stále jemnějších úprav se speciální množství elektrických pohonů bude i na dále zvyšovat.

### **1.1. Cíle diplomové práce**

- řešení nutných, dostupných a používaných bezpečnostních funkcí vyžadovaných u elektrických pohonů
- vyhodnocení, které z těchto funkcí je možné řešit na straně měniče a které na straně nadřazeného řídicího systému
- praktické ověření v prostředí elektrický pohon a výkonový měnič

## 2. Bezpečnostní normy v průmyslových aplikacích

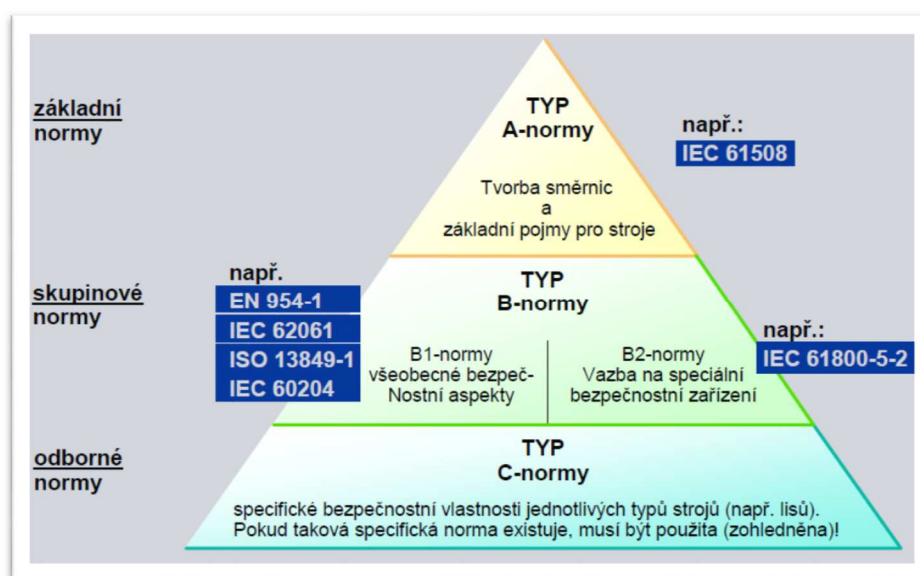
Konstrukteři a výrobci průmyslových strojů navrhují své zařízení tak, aby co nejlépe fungovalo a plnilo jednotlivé úlohy s absencí poruch, ale také aby bylo bezpečné pro obsluhu a prostředí, ve kterém je provozováno.

Již při počátku navrhování projektu je nutné zahrnout zajištění bezpečnosti strojů a zařízení do samotné mechanické konstrukce strojů. Jednotlivé požadavky, které musí výrobce splnit při návrhu, k potlačení rizik, jsou popsány v jednotlivých normách.

Konstrukteři a výrobci strojů nebo zařízení musí před vlastní konstrukcí provést analýzu a posouzení případných rizik. Do provozu mohou být uvedeny pouze stroje s akceptovatelným rizikem tzv. „bezpečné“ stroje. Proces posouzení a snižování rizik je popsán v normách EN ISO 12100 a 14121.

### 2.1. Rozdělení norem

Bezpečnostní normy lze rozdělit hierarchicky do tří skupin:



Obr. 1) Rozdělení norem

- Normy typu A (Základní bezpečnostní normy) - určují základní pojmy, zásady pro projektování a obecná hlediska, která mohou být aplikovatelná na všechny stroje. [1]
- Normy typu B (Skupina bezpečnostních norem) - zabývající se jedním bezpečnostním hlediskem nebo jedním typem bezpečnostního zařízení, které může být použito pro větší počet strojů. Při tom normy typu B1 se zabývají jednotlivými hledisky (např. bezpečné vzdálenosti, teploty povrchu, hluk apod.), zatímco normy typu B2 se zabývají příslušnými bezpečnostními zařízeními (např. dvouruční ovládače, blokovací zařízení, tlakově citlivá zařízení, kryty). [1]

- *Normy typu C (Bezpečnostní normy pro stroje)*- určují detailní bezpečnostní požadavky pro jednotlivý stroj nebo skupinu strojů. Obsahují bezpečnostní požadavky na speciální stroje nebo konstrukční skupinu strojů. Obvykle se zde jedná buď o zařízení velmi náročných podmínek (výbušné prostředí, velmi čistá / hygienická prostředí, prostředí s radiací apod.), nebo o speciální "atypické" stroje a konstrukce. Pokud taková norma existuje, má přednost před A nebo B - normou. Přesto může být C - norma přijímána ve vztahu k A nebo B normě a vždy musí být splněny požadavky směrnice pro stroje. [1]

## 2.2. Normy ČSN EN ISO

Popis jednotlivých norem pro elektrická zařízení.

### 2.2.1. ČSN EN ISO 13849-1

„Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů - Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci. Tato část ISO 13849 je norma typu B1, jako je stanoveno v ISO 12100-1. Pro stroje, které byly konstruovány a vyrobeny podle ustanovení této normy typu C platí, že pokud se ustanovení normy typu C odlišují od ustanovení, která jsou stanovena v normách typu A nebo B, mají ustanovení této normy typu C přednost před ustanoveními jiných norem. Tato část ISO 13849 je určena jako návod pro ty, kteří se zabývají konstrukcí a posuzováním ovládacích systémů a dále pro technické komise připravující normy typu B2 a C, které jsou předpokladem pro splnění základních bezpečnostních požadavků přílohy I směrnice Rady 98/37/EC pro strojní zařízení. Norma neuvádí specifický návod pro shodu s jinými směrnicemi EC. Jako součást strategie celkového snížení rizika u stroje bude konstruktér pro snížení rizika často volit některá opatření pomocí aplikace ochranných zařízení plnících jednu nebo více bezpečnostních funkcí.

Části ovládacích systémů, které jsou určeny k plnění bezpečnostních funkcí jsou nazývány bezpečnostní části ovládacích systémů (SRP/CS) a tyto části mohou obsahovat hardware a software a mohou být buď oddělené od ovládacího systému stroje, nebo mohou být jeho integrální součástí. Kromě bezpečnostních funkcí mohou SRP/CS poskytovat také provozní funkce (např. dvouruční ovládání jako prostředek iniciace procesu).“ [2]

### 2.2.2. ČSN EN 954-1

„Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části řídicích systémů - Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci. Tato norma je českou verzí evropské normy EN 954-1:1996. Evropská norma EN 954-1:1996 má status české technické normy. Tato první část evropské normy (ČSN) EN 954-1 uvádí bezpečnostní požadavky a pokyny pro zásady konstrukce (viz čl.3.11 EN 292-1:1991) bezpečnostních částí řídicích systémů. Pro tyto části norma specifikuje kategorie a popisuje charakteristiky jejich bezpečnostních funkcí. Toto zahrnuje programovatelné systémy pro všechna strojní zařízení a příslušná ochranná zařízení. Norma se používá pro všechny bezpečnostní části řídicích systémů, nezávisle na druhu použité energie, např. elektrické, hydraulické, pneumatické, mechanické. Norma nespecifikuje, které bezpečnostní funkce a která kategorie musí být použita v jednotlivých případech. Norma platí pro všechna strojní zařízení a to jak pro profesionální tak i amatérské použití. Norma může být také použita u bezpečnostních částí řídicích systémů používaných i k jiným technickým účelům. Dále norma obsahuje ještě tyto

kapitoly: kapitolu 2 - Normativní odkazy, kapitolu 3 - Definice, kapitolu 4 - Všeobecné požadavky, kapitolu 5 - Charakteristiky bezpečnostních funkcí, kapitolu 6 - Kategorie, kapitolu 7 - Uvažování závady, kapitolu 8 - Ověření, kapitolu 9 - Údržba a kapitolu 10 - Informace pro používání. Norma dále obsahuje ještě informativní Přílohy A, B, C, D, E a informativní Přílohu ZA. V této příloze ZA je uvedeno zejména: "Tato evropská norma byla vypracována na základě mandátu uděleného CEN Evropskou komisí a Evropským sdružením volného obchodu (ESVO) a podporuje splnění podstatných požadavků směrnic EU. Směrnice Rady ze 14. června 1989 o sbližování zákonů členských států vztahujících se ke strojním zařízením (89/392/EHS), Směrnice Rady ze 20. června 1991 doplňující Směrnici 89/392/EHS o sbližování zákonů členských států vztahujících se ke strojním zařízením (91/368/EHS), Směrnice Rady ze 14. června 1996 doplňující Směrnici 89/392/EHS o sbližování zákonů členských států vztahujících se ke strojním zařízením (93/44/EHS). Upozornění: Na výrobek (výrobky), který(é) je (jsou) předmětem této normy, se mohou vztahovat další požadavky a další směrnice EU. Ustanovení této normy podporují splnění podstatných požadavků směrnice uvedených výše. Shoda s touto normou je jedním ze způsobů zajištění shody se specifickými podstatnými požadavky příslušné směrnice a přidružených předpisů ESVO." Jde tedy o evropskou harmonizovanou normu. ČSN EN 954-1 (83 3205) byla vydána v únoru 1998.“ [3]

### 2.2.3. ČSN EN ISO 62061

„Bezpečnost strojních zařízení - Funkční bezpečnost elektrických, elektronických a programovatelných elektronických systémů souvisejících s bezpečností. Tato mezinárodní norma je určena pro konstruktéry strojního zařízení, výrobce řídicích systémů, montážní pracoviště a ostatní pracovníky, kteří se podílejí na specifikaci, návrhu a potvrzení platnosti (validace) SRECS. Stanovuje postupy a požadavky pro dosažení požadované funkce. Tato norma patří do oblasti norem strojního zařízení v rámci IEC 61508. Je určena pro usnadnění specifikace funkce řídicích systémů vztahujících se k bezpečnosti s ohledem na významná nebezpečí spojená se strojem.

Norma je rámcovou normou z oblasti strojního zařízení týkající se funkční bezpečnosti SRECS strojů. Obsahuje pouze ta hlediska bezpečnostního životního cyklu, která se vztahují k určení bezpečnostních požadavků na základě potvrzení platnosti bezpečnosti. Uvedené požadavky o bezpečném používání SRECS (Safety-Related Electrical Control System) mohou také sloužit pro další fáze životního cyklu SRECS. Existuje mnoho situací u strojů s použitím SRECS, jako části bezpečnostních opatření, které byly použity pro dosažení snížení rizika. Typickým příkladem je použití ochranného krytu s blokováním, který v případě otevření pro umožnění přístupu do nebezpečného prostoru zajistí, aby řídicí systém zamezil vykonávání nebezpečné funkce stroje. Také v automatizaci přispívá elektrický řídicí systém použitý pro dosažení správné funkce stroje k bezpečnosti snížením rizik spojených s nebezpečími vznikajícími přímo v důsledku poruch řídicího systému.

Tato norma poskytuje metodiku a požadavky pro:

- stanovení požadované integrity bezpečnosti pro každou řídicí funkci související s bezpečností, která má být v rámci SRECS realizována.



- umožnění návrhu SRECS odpovídajícího stanoveným řídicím bezpečnostním funkcím.
- začlenění podsestav vztahujících se k bezpečnosti podle ISO 13849.
- potvrzení platnosti (validace) SRECS.“ [4]

#### 2.2.4. ČSN EN ISO 14121-1

„Bezpečnost strojních zařízení - Posouzení rizika. Tato část ISO 14121 stanovuje všeobecné zásady určené k použití tak, aby byly splněny cíle snížení rizika stanovené v kapitole 5 v ISO 12100-1:2003. Tyto zásady posouzení rizika slučují znalosti a zkušenosti z konstrukce, používání, nehod, úrazů a škod u strojních zařízení tak, aby mohla být posouzena rizika v relevantních fázích životního cyklu stroje.

Tato část ISO 14121 uvádí pokyny pro informace, které budou požadovány k umožnění provedení posouzení rizika. Jsou popsány postupy k identifikaci nebezpečí a odhadu a zhodnocení rizika.

Norma také uvádí pokyny, jak provést rozhodnutí, která se týkají bezpečnosti strojních zařízení a jaký druh dokumentace je požadován k ověření provedeného posouzení rizika.“ [5]

#### 2.2.5. ČSN EN ISO 60204-1

„Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů. Tato část ČSN EN 60204 platí pro používání elektrických, elektronických a programovatelných elektronických zařízení a systémů u strojů, které nejsou během činnosti přenosné rukou, včetně skupiny strojů, které pracují společně koordinovaným způsobem. V této části ČSN EN 60204 termín elektrický zahrnuje elektrické, elektronické a programovatelné elektronické předměty (tj. elektrické zařízení znamená elektrické, elektronické a programovatelné elektronické zařízení).

Tato část ČSN EN 60204 platí pro elektrické zařízení nebo části elektrických zařízení, které pracují se jmenovitými napájecími napětími nepřesahujícími 1 000 V v případě střídavého proudu (AC) a 1 500 V v případě stejnosměrného proudu (DC) a se jmenovitými napájecími kmitočty nepřesahujícími 200 Hz. Zařízení, na které se vztahuje tato část ČSN EN 60204, začíná v místě připojení napájení k elektrickému zařízení stroje. Tato část ČSN EN 60204 nezahrnuje všechny požadavky (např. na ochranu, blokování nebo řízení), které jsou stanoveny jinými normami nebo předpisy kvůli ochraně osob před jinými než elektrickými nebezpečími. Každý typ stroje vyžaduje splnění specifických požadavků pro zajištění přiměřené bezpečnosti.

ČSN EN 60204 - 1 je aplikační norma a není určena k tomu, aby omezovala nebo brzdila technický pokrok. ČSN EN 60204 - 1 zahrnuje výhradně elektrická zařízení strojů, jak jsou uvedena v názvosloví a v příloze C, ale není na ně omezena. Silové obvody, kde se používá elektrická energie přímo jako pracovní nástroj, jsou z této části ČSN EN 60204 vyloučeny. V kontextu této části ČSN EN 60204 se termín osoba vztahuje k jakémukoliv jednotlivci a zahrnuje takové osoby, které jsou určeny a vyškoleny uživatelem nebo jeho zástupcem (zástupci) pro používání a ošetřování příslušného stroje.“ [6]

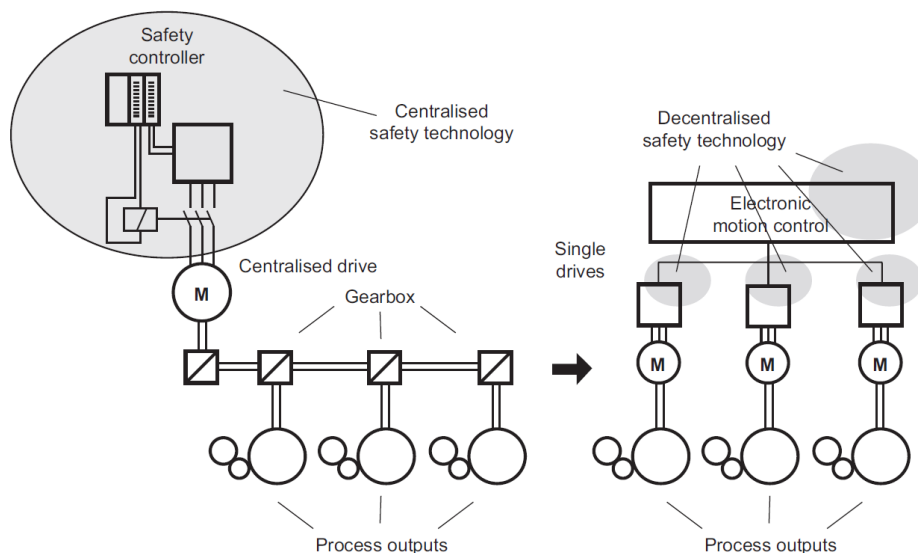
### 3. Bezpečnostní funkce u měničů pro elektrické pohony

#### 3.1. Aplikace a principy

Všechny dnes používané elektrické pohony v moderní výrobě provádějí pohyby, které mohou vést k nebezpečným situacím a od nichž musí být osoby chráněny. Zvláště v případech při ručním zásahu do stroje, například v případě poruchy nebo při zakládání, jsou ochranná opatření nezbytná. V těchto případech se proto musí zabránit neočekávaným a nekontrolovaným pohybům. Tato ochranná opatření jsou označována jako opatření funkční bezpečnosti. Pro příklad si uveďme případnou bezpečnostní funkci, jestliže budou na stroji nebo zařízení otevřeny bezpečnostní dveře, nesmí pohon v žádném případě běžet ani vyvíjet žádný točivý moment.

Ve strojích s centrální bezpečnostní technologií se může řídicí kontrolér pohonu nebo motoru v případě narušení bezpečnostního okruhu odpojit od napájecí sítě a zabránit jakémukoli pohybu motoru. Tento přístup je v zásadě použitelný také pro elektronické koordinované pohony. Nicméně, odpojení od zdroje napájení je nákladné a v zásadě není použitelné u všech aplikací. Například pokud potřebujeme vkládat materiál do kalandrových válců nebo pomalu rotujících lisovacích válců a také pouze při čištění stroje by bylo celkové vypnutí pohonu nežádoucí.

V případě decentralizovaných pohonů musí být také bezpečnostní funkce decentralizované, jak je uvedeno na Obr. 2). Bezpečnostní funkce jsou distribuovány po různých součástech v automatizačním řešení včetně fieldbusu a pohonu, ve které je pouze při celkové kombinaci jednotlivých funkcí skutečná bezpečnostní funkce realizována. [7]



Obr. 2) Decentralizované bezpečnostní systémy [7]

Bezpečnostní funkce musí mít velmi vysokou spolehlivost. Náhodné nebo systematické poruchy nesmí mít v žádném případě za následek selhání bezpečnostní funkce. Výsledná spolehlivost bezpečnostních funkcí stroje je výsledkem posouzení rizik. Posouzení rizik představuje jeden z důležitých principů při realizaci projektů funkční bezpečnosti a jednotlivých

fázi. Tyto fáze zahrnují určení nebezpečí, analýzu nebezpečí a vyhodnocení rizika. Základním principem normy IEC 61508 je symetričnost mezi opatřeními zajišťující bezpečnost a riziko. Posouzení rizika umožňuje určit nebezpečné situace a bezpečnostní funkce pro požadovanou integritu bezpečnosti. Posouzení rizika zahrnuje všechny stupně činnosti od počátečního konceptu až po předání (nebo vyřazení) do provozu.

Na základě tohoto posouzení jsou bezpečnostní funkce klasifikovány a přidělovány bezpečnostní úrovni integrity (SIL), ve kterých kategorie SIL určuje pravděpodobnost selhání bezpečnostní funkce. V mezinárodním standardu IEC 61508 funkční bezpečnosti jsou definovány čtyři kategorie (SIL 1 až SIL 4). Bezpečnost obecně znamená ochranu před úrazem elektrickým proudem, žářem a ohněm, nebezpečným zářením a nesprávnou funkcí.

Funkční bezpečnost podle IEC 61508 představuje mezinárodně platný bezpečnostní standard pro zařízení, ve kterých elektrické, elektronické a programovatelné elektronické jednotky plní bezpečnostní funkce. Jinými slovy se jedná o tu část bezpečnosti, která závisí na správné činnosti zařízení a řídicích systémů, které zajišťují její bezpečnost. Hlavním cílem správné aplikace standardu funkční bezpečnosti je snížení rizika možnosti zranění lidí, poškození výroby nebo narušení životního prostředí.

Definice úrovně bezpečnostní integrity – Safety Integrity Level (SIL):

- SIL 1: Ne více než jedna nebezpečná chyba v bezpečnostní funkci za 10 let
- SIL 2: Ne více než jedna nebezpečná chyba v bezpečnostní funkci za 100 let
- SIL 3: Ne více než jedna nebezpečná chyba v bezpečnostní funkci za 1000 let
- SIL 4: Ne více než jedna nebezpečná chyba v bezpečnostní funkci za 10000 let

Pro srovnání EN 954 rozděluje bezpečnostní kategorie na 1 - 4.

Čím vyšší je bezpečnostní kategorie SIL, tím je méně pravděpodobné, že bezpečnostní funkce selže. Úroveň spolehlivosti (dosažená úroveň bezpečnosti) je ověřována vnitrostátním dozorovým orgánem v rámci testu přijatelnosti stroje. Aby bylo možné dosáhnout potřebné úrovně spolehlivosti se sníženou intenzitou a zjednodušit důkaz dozorčího orgánu, stále více elektrických pohonů je vybaveno integrovanými bezpečnostními funkcemi. Požadovanou kategorii SIL lze dosáhnout tak, že se použijí způsobem specifikovaným výrobcem a odpovídajícím způsobem se začlení do automatizačního řešení.

Namísto použití odpojovacích ochranných zařízení a odpojení pohonů od napájecího zdroje jsou vyžadovány inteligentní bezpečnostní funkce, které prokazují požadovanou spolehlivost. Aby bylo možné porovnávat bezpečnostní funkce elektrického pohonu, byly standardy normy EN 61800-5-2 standardizovány. Kromě toho mohou výrobci elektrických pohonů svobodně integrovat své vlastní bezpečnostní funkce. V následujícím textu jsou vysvětleny některé integrované příklady bezpečnostních funkcí v elektrických pohonech:

### *Safe stop functions:*

- **STO: Safe Torque Off** - (bezpečné vypnutí točivého momentu)
- **SS1: Safe Stop 1** - (bezpečné zastavení 1)
- **SS2: Safe Stop 2** - ( bezpečné zastavení 2)

### *Safe movement functions:*

- **SOS: Safe Operating Stop** - (bezpečné provozní zastavení)
- **SLS: Safely Limited Speed** - (bezpečné omezené rychlosti)
- **SLA: Safely Limited Acceleration** - (bezpečné omezení zrychlení)
- **SAR: Safe Acceleration Range** - (rozsah bezpečného zrychlení)
- **SSR: Safe Speed Range** - (rozsah bezpečných rychlostí)
- **SSM: Safe Speed Monitor** - (monitor bezpečné rychlosti)
- **SMS: Safe maximum speed** - (bezpečná maximální rychlost)
- **SLI: Safe Limited Increment** - (bezpečná omezená mezní hodnota)
- **SDI: Safe Direction** - (bezpečný směr)
- **SLP: Safe Limited Position** - (bezpečná omezená pozice)
- **SLT: Safe Limited Torque** - (bezpečně omezený točivý moment)
- **STR: Safe Torque Range** - (rozsah bezpečného točivého momentu)
- **SMT: Safe Motor Temperature** - (bezpečná teplota motoru)
- **SCA: Safe Cam** - (bezpečně specifikovaná mezní hranice)

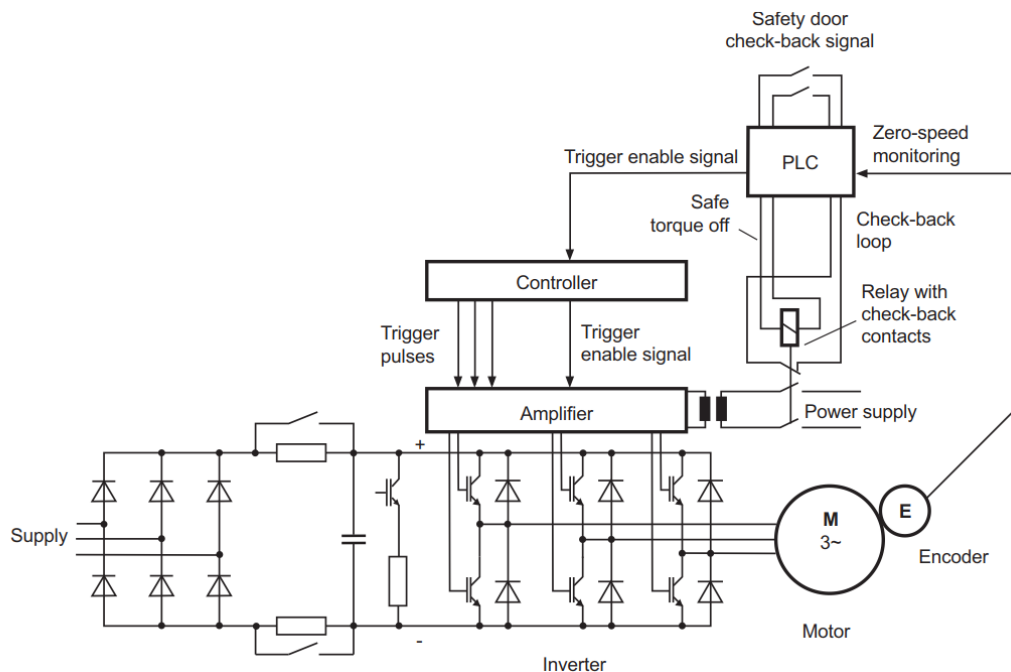
### *Safe brake functions*

- **SBC: Safe Brake Control** - (bezpečné ovládání brzdy)
- **SBT: Safe brake test** - (bezpečný test brzdy)

## **3.2. Safe stop functions - bezpečnostní vypínací funkce**

Funkce bezpečného vypnutí točivého momentu bezpečně přerušuje přívod energie k motoru. Elektrický pohon nemůže vyvinout točivý moment a z tohoto hlediska nemůže provádět žádné nebezpečné pohyby. Tato funkce je dosažena tím, že se zablokují spínací impulzy mikroprocesoru na výkonové polovodiče, čímž invertoru znemožní generování napětí požadovaného pro roztočení motoru.

V závislosti na skutečné implementaci mohou být dosaženy různé kategorie SIL. Pro dosažení SIL 3 musí být impulzy zpravidla blokovány dvoukanálovým systémem se sledováním obvodu a musí být k dispozici bezpečnostní relé pro případnou detekci poruch v obou vypínacích kanálech. Při použití této bezpečnostní funkce bez vypnutí napájecího zdroje lze vykonávat pouze krátkodobé činnosti (jako čištění) nebo údržbové práce na ne elektrických součástkách stroje. Práce údržby na elektrických částech měniče může být prováděna pouze tehdy, je-li odizolován systém měniče od hlavního napájení, z důvodu možného úrazu elektrickým proudem (není odpojeno napětí z hlavních a pomocných obvodů měniče). Takto realizovanou bezpečnostní funkci je možno vidět na Obr. 3).



Obr. 3) Vnitřní bezpečnostní schéma měniče [7]

Otevření bezpečnostních dveří stroje monitoruje bezpečnostní PLC. Pokud budou bezpečnostní dveře otevřené, pak elektrický motor nelze spustit. Spouštění je zabráněno zablokováním impulzů a napájením pro výkonové polovodiče. Impulzy jsou tedy blokovány dvěma samostatnými vypínacími systémy:

1. Vypnutím spouštěcího signálu umožňuje PLC prostřednictvím regulátoru pohonu zablokovat vstupní impulsy k výkonovým polovodičům frekvenčního měniče.
2. Pomocí bezpečnostního signálu při vypnutí krouticího momentu PLC odpojí střídač od zdroje elektrické energie a zabrání jeho možnému spuštění.

Obě tyto vypínací cesty jsou monitorovány tak, aby detekovaly takzvaně nečinné poruchy. Což je prováděno:

1. Při následujícím odstranění spouštěcího signálu se musí pohon aktivovat v co nejkratším čase. PLC detekuje stav pohonu ze signálu z encodéru. Není-li tato podmínka dosažena v definovaném čase, pak je zřejmé, že došlo k poruše signálu, což detekuje pohon jako poruchu. Tato zkouška se provádí jako součást funkce stroje, např. pokaždé, když je stroj zastaven.
2. Bezpečné vypnutí točivého momentu je monitorováno ze stavu zpětných kontaktů relé od přerušení střídače. Přerušovací relé je aktivováno kontakty, které se spínají současně s hlavními kontakty bezpečnostního PLC. Tento test se provádí jako součást funkce stroje, např. před každým začátkem.

Provádění těchto bezpečnostních funkcí vyžaduje interakci mezi pohonem a regulátorem. Pohon tuto akci realizuje vypnutím bezpečnostních kanálů a zpětným sledováním signálů.

Funkce "bezpečné zastavení 1" a "bezpečné zastavení 2" slouží k monitorování rychlostní křivky po příkazu stop. Očekává se, že rychlost se v určitém čase sníží a pohon se zastaví. Za tímto účelem je aktivována funkce "bezpečné vypnutí krouticího momentu" nebo "bezpečné provozní zastavení". Funkce měniče "bezpečné vypnutí krouticího momentu", nabízejí stále bezpečnější funkce pohybu. Omezují rozsah pohybu, rychlost posuvu a točivého momentu tak, aby obsluha stroje nebyla ohrožena. Následující přehled představuje výběr nejdůležitějších funkcí bezpečného pohybu nebo funkcí "bezpečné provozní zastavení", sloužící k monitorování polohy nebo přerušení pohonu v režimu řízení rychlosti a polohy. Funkce "bezpečně omezená rychlost" slouží k omezení pohonu na bezpečnou rychlost. Funkce "bezpečné omezení točivého momentu", u které pohon sleduje hnací točivý moment při poruše s přípustnými maximální hodnotami je zamezeno nebezpečí velké síly momentu. Viz kap. 3.4. Funkce pro bezpečné zastavení pohonu.

Pro dosažení SIL 3 jsou funkce bezpečného pohybu obecně založeny na dvoukanálové počítačové architektuře, která detekuje takzvanou "nečinnou" poruchu. Kromě vlastních testů se oba počítače také porovnávají napříč bezpečnostními důležitými daty. V praxi je tato dvoukanálová počítačová architektura implementována různými způsoby. Oba počítače mohou být integrovány v jednom měniči nebo distribuovány mezi měnič a kontrolér.

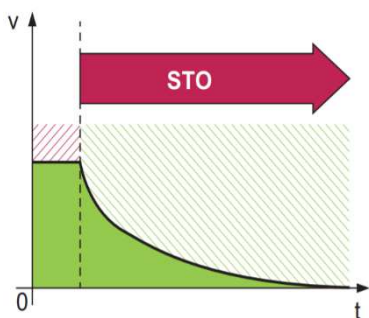
Měření pohybů motorů a pohonů os je často prováděno za pomoci dvoukanálových encoderů. Pokud jsou použity vhodné metody, pak v některých případech může být jeden encoder vynechán. Signály generované encodérem pro sledování rychlosti, polohy, koncové polohy a bezpečně specifikované mezní hranice jsou implementovány pomocí dvoukanálových metod, které zaručují požadovanou vysokou spolehlivost. Veškeré bezpečné vstupy, které se používají například k výběru bezpečných funkcí stroje, např. "bezpečné snížení rychlost" jsou také dvoukanálové.

Bezpečnostní vstupy s pomalými nebo zřídka se měnícími vstupními signály jsou kontrolovány pomocí nucených kontrol. Výstupy jsou také testovány během požadovaných pravidelných kontrol zastavení (test stop).

### 3.3. Popis jednotlivých bezpečnostních funkcí

Funkce nouzového zastavení slouží k uvedení stroje do bezpečného provozního stavu a to, v co nejkratším možném čase, bez zranění osob a poškození stroje nebo prostředí. Stop funkce se nacházejí v normách EN 60204-1 a ISO 13849 a definují tři kategorie chování při zastavení:

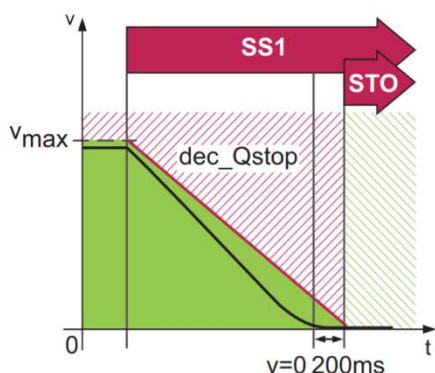
#### 3.3.1. Kategorie bezpečného zastavení 0 - (neřízené zastavení)



Neřízené zastavení bezpečnostním vypnutím - (Při zastavování pohonu dojde k okamžitému odpojení od elektrické energie, přičemž jsou v činnosti pouze brzdy a mechanické přístroje určené k zastavení.) [8]

Obr. 4) Zastavení 0 [8]

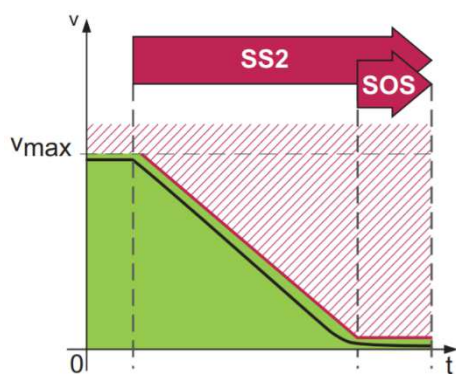
#### 3.3.2. Kategorie bezpečného zastavení 1 - (řízené zastavení s odpojením od zdroje)



Řízené zastavení bezpečnostním vypnutím - (Při tomto zastavení pohybu je pohon zastavován pod napětím, které je udržováno během zastavení. V klidovém stavu je následně pohon odpojen od elektrické energie.) [8]

Obr. 5) Zastavení 1 [8]

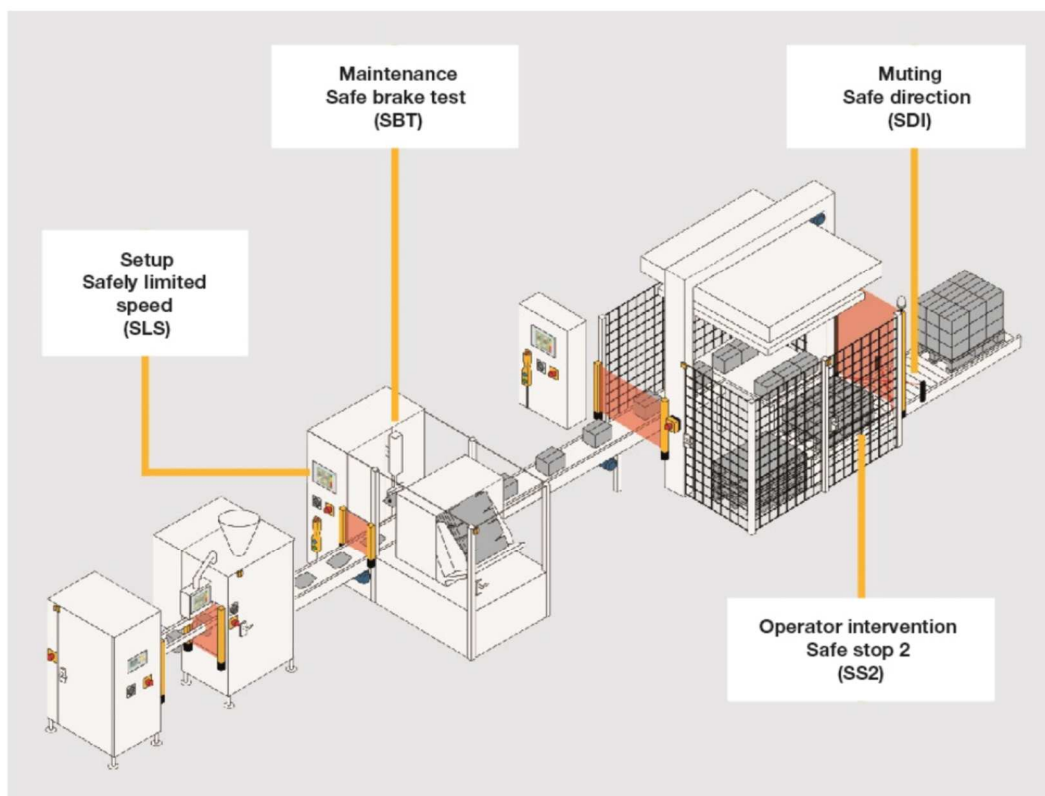
#### 3.3.3. Kategorie bezpečného zastavení 2 - (řízené zastavení bez odpojení napájení)



Řízené zastavení - (při tomto zastavení zůstávají řídicí členy pohonu pod napětím.) [8]

Obr. 6) Zastavení 2 [8]

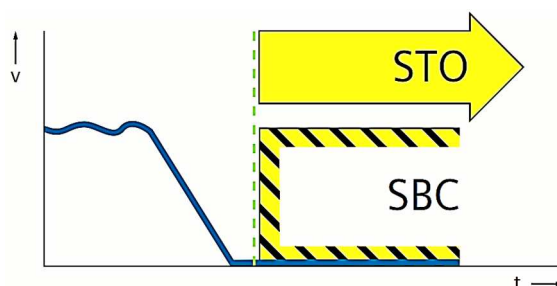
Na obrázku viz Obr. 7) je možno si povšimnout použitých funkcí ve výrobní lince, která se skládá z jednotlivých bezpečnostních funkcí bezpečného zastavení, které jako celek tvoří kategorii SIL 3.



Obr. 7) Jednotlivé funkce bezpečnostní linky [9]

### 3.4. Funkce pro bezpečné zastavení pohonu

#### 3.4.1. Safe torque off - (STO)



Obr. 8) Funkce STO [10]

#### Popis funkce:

STO bezpečně zastaví elektrický pohon bez točivého momentu a zajistí měnič proti opětovnému spuštění dle EN 60204-1. STO blokuje řídicí pulsy k výkonovým polovodičům a zajistí také odpojení motoru od napájení (to odpovídá stavu STOP Kategorie 0 dle EN 60204-1).



Motor je tedy ve stavu bez točivého momentu na hřídeli motoru. Tento stav je dále v řídicí jednotce elektrického pohonu interně kontrolován. Po zrušení aktivace STO, lze elektrický pohon rychle aktivovat, jelikož zůstane DC meziobvod aktivní. [10]

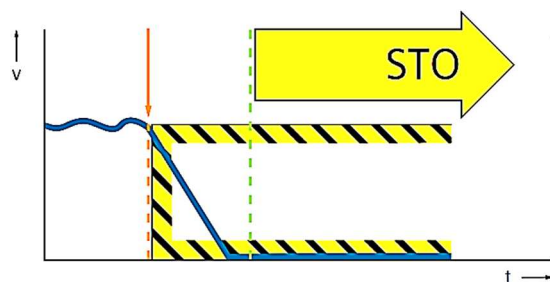
#### **Aplikace:**

STO má při aktivaci okamžitý účinek, pohon nemůže dodávat žádnou energii pro vytváření točivého momentu. STO lze použít všude tam, kde bude hnací jednotka zastavena v dostatečně krátkém čase zatěžovacím momentem nebo třením nebo tam, kde je zabrzdění pohonu nesouvisející s bezpečností. STO umožňuje bezpečnou práci při otevřených ochranných dveřích (blokování opětného zapnutí) a má široké použití ve strojích a systémech s pohyblivými osami, např. manipulace nebo pásové dopravníky. [10]

#### **Výhody:**

Výhodou integrované bezpečnostní funkce STO v porovnání se standardní bezpečnostní technologií používajících v hardwarovém zapojení je vyloučení jednotlivých elektrických komponentů pro udržování servisu. Díky rychlým elektronickým spínacím časům má funkce v konvenčním řešení kratší spínací čas než hardwarové elektronické komponenty. [10]

#### *3.4.2. Safe stop 1 - (SS1)*



Obr. 9) Funkce SS1 [10]

#### **Popis funkce:**

Funkce Safe Stop 1 může bezpečně zastavit pohon podle EN 60204-1, kategorie Stop 1. Pokud je vybrána funkce SS1, pohon se automaticky brzdí po rampě rychlého zastavení a automaticky aktivuje funkce Safe Torque Off a Safe Brake Control, pokud jsou tyto funkce v pohonu zapnuté. [10]

#### **Aplikace:**

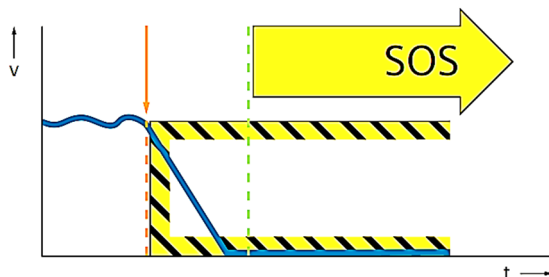
Funkce SS1 se používá v případě, že bezpečnostní aktivace musí pohon zastavit co nejrychleji a pak vstoupit do stavu STO, např. pokud se jedná o nouzového zastavení. Používá se pro co nejrychlejší přestavování velkých odstředivých hmot na bezpečnost obsluhy nebo brzdových motorů vysokou rychlostí.

Elektrický pohon je rychle zastaven s následným přechodem do stavu STO. Mezi typické příklady patří: pily, stroje na broušení, centrifugy, navíječky. [10]

### Výhody:

Cílené zastavení pohonu pomocí SS1 snižuje riziko nebezpečí, zvyšuje produktivitu stroje a umožňuje snížit bezpečnostní vzdálenosti stroje. Důvodem je aktivní zastavení pohonu ve srovnání s použitím funkce STO. Komplexní mechanické brzdy, které jsou náchylné k opotřebení motoru, obvykle nejsou při SS1 vyžadovány. [10]

#### 3.4.3. Safe stop 2 - (SS2)



Obr. 10) Funkce SS2 [10]

### Popis funkce:

Funkce Safe Stop 2 může bezpečně zastavit pohon v souladu s normou EN 60204-1, kategorie zastavení 2. Pokud je vybrána funkce SS2, pohon se automaticky zastaví podél rampy rychlého zastavení. Na rozdíl od SS1 zůstane automatická regulace otáček v provozu, tj. motor může poskytnout plný točivý moment potřebný k udržení nulové rychlosti. Úplné zastavení je bezpečně monitorováno funkcí Safe Operating Stop (bezpečné provozní zastavení). [10]

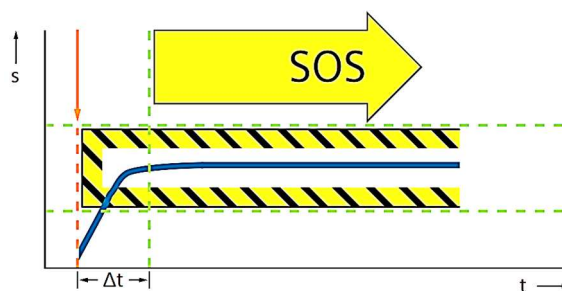
### Aplikace:

Stejně jako u SS1 zajišťuje funkce SS2 co nejrychlejší zpomalování motoru. Pohon nezávisle brzdí motor po nouzové zastavovací rampě. Napětí motoru však není vypnuto, ale zabraňuje tomu, aby řídicí systém opustil klidovou polohu, i když na ni působí vnější síly. To znamená, že motor poskytuje plný točivý moment k udržení klidového stavu. SS2 má širokou škálu aplikací, například ve výrobních strojích, obráběcích strojích atd. [10]

### Výhody:

Funkce SS2 zajišťuje rychlé zastavení pohonu. Vzhledem k tomu, že napájení pohonu zůstává aktivní, po zrušení bezpečnostní funkce může pohon ihned pokračovat v operaci. Tím je zajištěno krátká doba zastavení a vysoká produktivita. [10]

#### 3.4.4. Safe operating stop - (SOS)



Obr. 11) Funkce SOS [10]

##### Popis funkce:

Funkce bezpečného provozního zastavení představuje bezpečné sledované zastavení, kde ale ovládání pohonu zůstává v provozu. Motor proto může dávat plný točivý moment, aby udržel aktuální polohu. Skutečná pozice motoru je operativně sledována. Na rozdíl od bezpečnostních funkcí SS1 a SS2 není žádaná hodnota rychlosti automaticky ovlivněna. Po aktivaci funkce SOS musí řídicí jednotka pohonu zastavit měnič v parametrizovaném čase a pak držet žádanou hodnotu polohy. [10]

##### Aplikace:

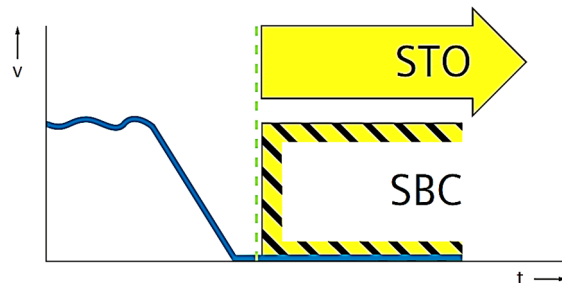
SOS je ideální pro všechny aplikace, kde musí být stroj nebo součásti stroje bezpečně zastaveny při určitých pracovních krocích, ale pohon musí stále udržovat záběrný moment. Je zajištěno, že pohon zůstává ve své aktuální poloze navzdory zatěžovacímu momentu. Na rozdíl od funkcí SS1 a SS2 pohon samozřejmě nebrzdí, ale spíše očekává, že regulátor vyšší úrovně vypne příslušné osy, jako koordinovanou skupinu v nastavitelném časovém zpoždění. Tím se zabrání možnému poškození stroje nebo výrobku. SOS je široce používán, např. pro navíječky v balicích strojích a obráběcích strojích. [10]

##### Výhody:

K udržení osy v poloze nejsou zapotřebí žádné mechanické součásti navzdory jakékoliv protisměrné síle, která by se mohla objevit. Vzhledem k tomu, že spínací časy jsou krátké a regulace polohy zůstává aktivní, nastavení a prostoje jsou sníženy. Překalibrování osy po ukončení funkce SOS není nutné. Osa lze po deaktivaci funkce SOS okamžitě znovu aktivovat. [10]

### 3.5. Funkce pro bezpečné řízení brzdy

#### 3.5.1. Safe brake control - (SBC)



Obr. 12) Funkce SBC [10]

#### Popis funkce:

Přidržovací brzda je bezpečně řízena a monitorována, zejména pro svislé osy. Brzda je vždy aktivována paralelně s STO. [10]

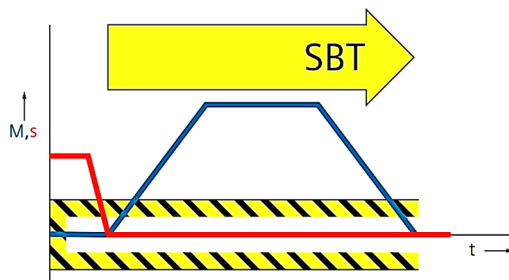
#### Aplikace:

Ve spojení s funkcemi STO nebo SS1 lze použít jako prevenci proti propadnutí nebo uvolnění zátěže. Mezi typické aplikace patří: jeřáby a navijčky. [10]

#### Výhody:

Funkce ukládá použití externího hardwaru se souvisejícím zapojením. [10]

#### 3.5.2. Safe brake test - (SBT)



Obr. 13) Funkce SBT [10]

#### Popis funkce:

Pomocí diagnostické funkce SBT lze cyklicky otestovat až dvě brzdy na jednu osu. [10]

#### Aplikace:

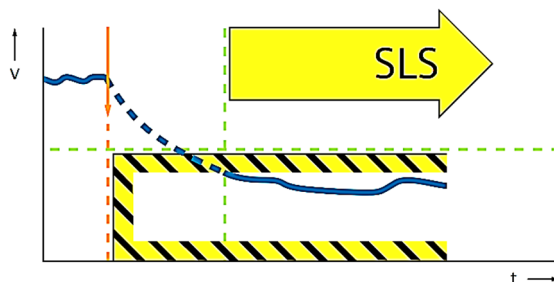
Lze použít pro svislé osy a zavěšené zatížení, např. pro portálové jeřáby a lisy. Ve spojení s SBC, je vhodné pro realizaci bezpečného brzdění. [10]

### Výhody:

Poruchy a opotřebení mohou být zjištěny v mechanickém systému brzdy. Automatické testování účinnosti brzdění snižuje náklady na údržbu a zvyšuje bezpečnost a dostupnost systému stroje. [10]

### 3.6. Funkce pro bezpečné sledování pohybu pohonu.

#### 3.6.1. Safely-limited speed - (SLS)



Obr. 14) Funkce SLC [10]

### Popis funkce:

Funkce SLS zajišťuje, že měnič nepřekročí definovaný limit rychlosti. Pohon spolehlivě sleduje rychlost a aktivuje poruchovou odezvu definovanou v bezpečnostní kontroléru pohonu, pokud je překročena nastavená rychlostní rychlost. [10]

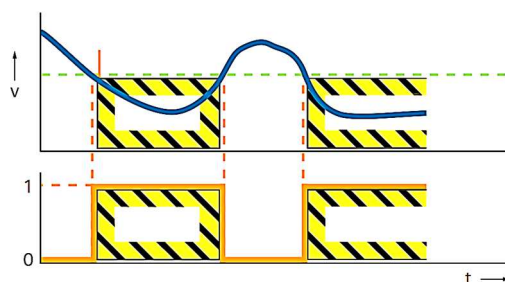
### Aplikace:

Funkce SLS se používá, pokud jsou lidé v nebezpečné zóně stroje a jejich bezpečnost může být zaručena pouze sníženou rychlostí. Nejprve je tedy snížena rychlost a poté je aktivováno bezpečné sledování pomocí funkce SLS, čímž se zabrání nežádoucímu překročení nastavené rychlosti. Typickými příklady použití jsou případy, kdy musí obsluha jít do nebezpečné zóny stroje pro účely údržby nebo seřízení stroje. SLS lze používat v navíječi, ve kterém je materiál ručně natočen operátorem. Aby se zabránilo zranění obsluhy, může se válec otáčet pouze bezpečně sníženou rychlostí. SLS se často používá jako součást dvoustupňové bezpečnostní koncepce. Zatímco osoba je v méně kritickém prostoru, funkce SLS je aktivována a pohony jsou zastaveny pouze v menší oblasti s vyšším potenciálním rizikem. SLS nelze použít pouze pro ochranu obsluhy, ale také pro ochranu stroje, např. pokud nesmí být překročena maximální rychlost. [10]

### Výhody:

Funkce SLS může přispět k významnému snížení prostojů nebo výrazně zjednodušit nebo dokonce urychlit nastavení. Celkovým dosaženým efektem je vyšší dostupnost zařízení. Navíc mohou být vynechány externí komponenty, jako jsou monitory rychlosti. [10]

### 3.6.2. Safe speed monitor - (SSM)



Obr. 15) Funkce SSM [10]

#### Popis funkce:

Pokud hodnota rychlosti klesne pod parametrovou úroveň, generuje se bezpečnostní signál. To lze detekovat například v bezpečnostním kontroléru pohonu, aby reagoval na událost naprogramovanou v kontroléru v závislosti na situaci. [10]

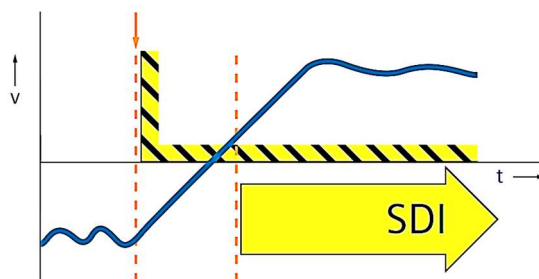
#### Aplikace:

Pomocí funkce SSM lze v nejjednodušším případě odemknout bezpečnostní dveře, pokud rychlost klesne pod nekritickou úroveň. Dalším příkladem je odstředivka, která musí být plněna pouze pod nastavenou rychlostí. [10]

#### Výhody:

Na rozdíl od SLS není při překročení rychlostního limitu žádná poruchová reakce nezávislá na pohonu. Bezpečná zpětná vazba může být vyhodnocena v bezpečnostní kontroléru pohonu, která uživateli dává možnost odpovídajícím způsobem reagovat na situaci. [10]

### 3.6.3. Safe direction - (SDI)



Obr. 16) Funkce SDI [10]

### Popis funkce:

Odchylka od aktuálně sledovaného směru pohybu nebo směru otáčení je spolehlivě detekována, jestliže překročí pohon směr je závada ihned detekována, nezávisle na pohonu. U této funkce je možné volitelně sledovat jeden nebo druhý směr pohybu. [10]

### Aplikace:

Funkce SDI se používá, kde se pohon může pohybovat pouze jedním směrem. Typickou aplikací je, výrobní dopravník v oblasti přístupné obsluhy, pokud se stroj pohybuje v bezpečném směru od obsluhy. V tomto stavu může obsluha bezpečně přivádět materiál do pracovního prostoru nebo z pracovního prostoru. [10]

### Výhody:

Funkce šetří použití externích komponentů pro monitorování rychlosti se souvisejícími náklady na kabeláž. Zpřístupnění nebezpečné oblasti, když se stroj pohybuje od obsluhy, zvyšuje produktivitu. Bez funkce SDI by musel stroj při přepravě a vykládce materiálu vždy bezpečně zastavit. [10]

## 3.7. Funkce pro bezpečné sledování pozice pohonu

### 3.7.1. Safely-limited position - (SLP)



Obr. 17) Funkce SLP [10]

### Popis funkce:

Při aktivování funkce SLP je bezpečně sledován rozsah pojezdu omezený konfigurovaným softwarovým koncovým spínačem. Pokud dojde k překročení povoleného rozmezí pojezdu, spustí se softwarová porucha. U této funkce je také možné přepínat mezi dvěma pojezdovými rozsahy, a to i během provozu. [10]

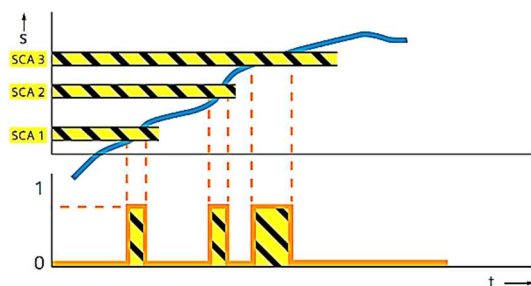
### Aplikace:

SLP se používá pro aplikace, v nichž musí obsluha strojů zadat ochrannou oblast, např. pro vkládání a odstraňování materiálu. Bezpečné sledování polohy osy zajišťuje, že se osa nemůže pohybovat v ochranném prostoru uvolněném pro obsluhující osoby a ohrožovat je, např. pro stohovací jeřáby, portálové jeřáby, výrobní centra. [10]

### Výhody:

SLP lze použít pro vysoce efektivní sledování ochranných prostorů. Funkce eliminuje použití externích komponentů, jako jsou hardwarové koncové spínače a s tím související složitost zapojení. Vzhledem k tomu, že doba odezvy, která následuje po překročení mezní hodnoty, sníží bezpečnostní vzdálenost. [10]

#### 3.7.2. Safe cam - (SCA)



Obr. 18) Funkce SCA [10]

### Popis funkce:

Dodává bezpečnostní signál, pokud pohon překročí bezpečně definovaný polohový rozsah. [10]

### Aplikace:

Může být použit s vysokou mírou univerzálnosti pro bezpečnost, např. lze zadat pro osu specifické rozmezí nebo pracovní oblast, což umožňuje ohraničení ochranné oblasti. [10]

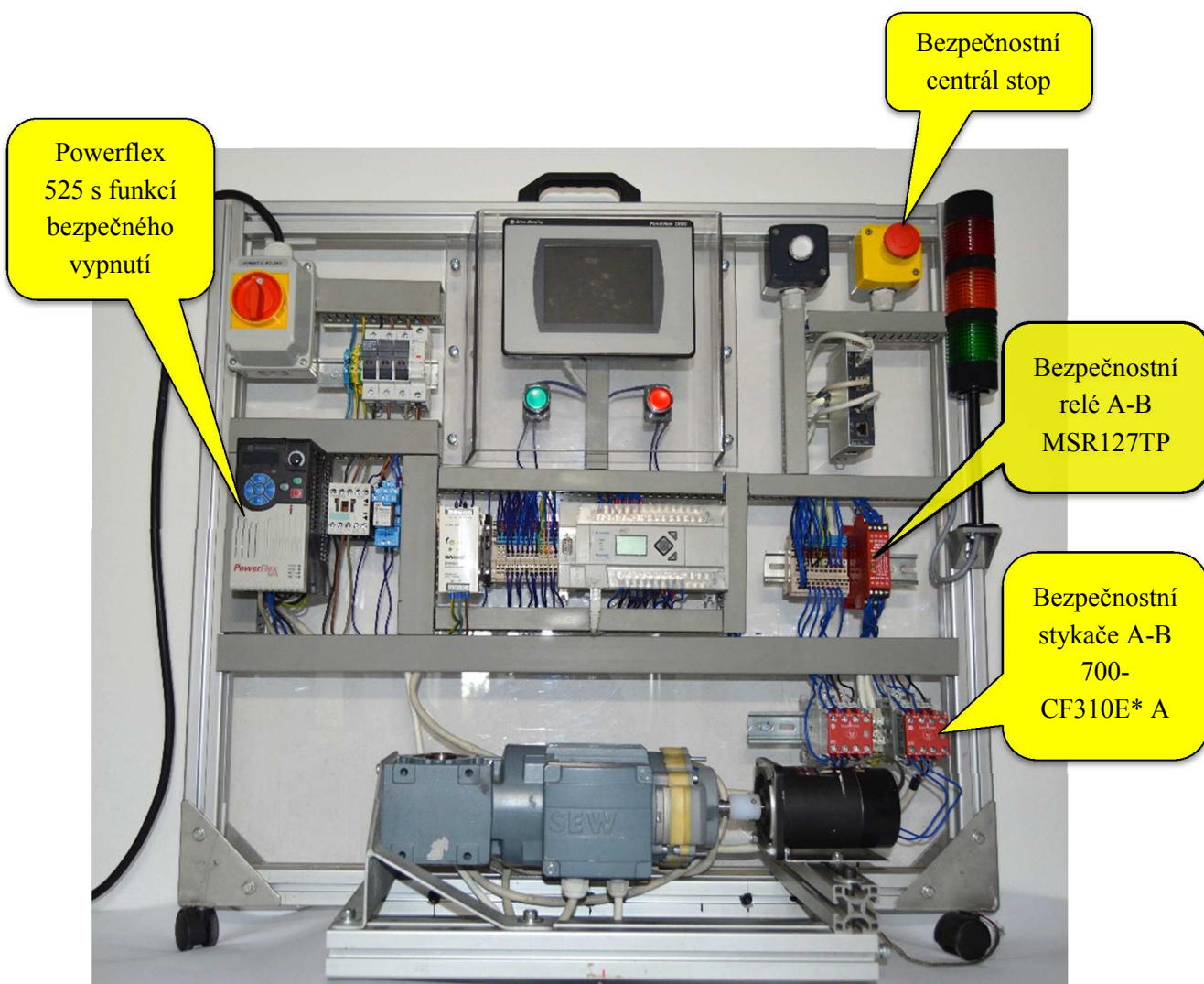
### Výhody:

Používá se k implementaci bezpečných elektronických specifických mezních hranic bez vyžadujících jakékoliv hardwarových koncových snímačů. [10]



#### 4. Praktická aplikace bezpečnostní funkce s komponenty A - B

Navrhovaná aplikace diplomové práce je provedena z komponentů Allen Bradley, ve které je prostřednictvím bezpečnostního relé MSR127TP a bezpečnostních stykačů realizováno bezpečné vypnutí krouticího momentu pro Powerflex 525 o kategorii zastavení 0, a to s bezpečností SIL3 a PLe. Projekt se také skládá z vizualizace a PLC, čímž je možno plně řídit asynchronní motor dle naprogramovaného programu nebo číst aktuální výstupní hodnoty měniče. Vizualizace je tedy hlavním zobrazovacím prvkem, kterým lze řídit a diagnostikovat frekvenční měnič. Princip stačí v nastavení komunikačních zpráv pro čtení a zapisování hodnot do PLC, které jsou následně zasílány a čteny ve vizualizaci. Na Obr. 19) je zobrazeno konstrukční schéma mé diplomové práce s popisem hlavních bezpečnostních prvků potřebných pro realizaci bezpečného vypnutí krouticího momentu.



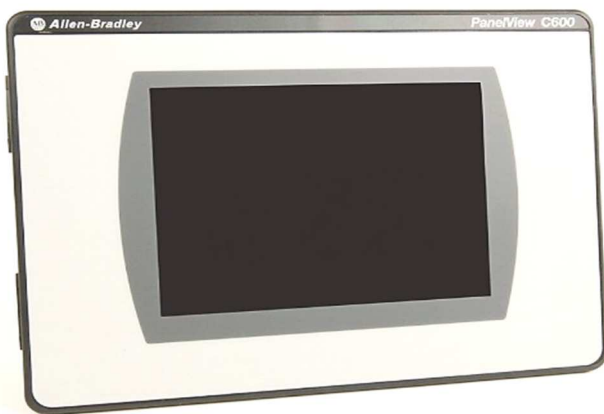
Obr. 19) Praktická aplikace diplomové práce

#### 4.1. Seznam elektrických komponentů potřebných k realizaci

- panel Allen Bradley Panelview C600 cat:2711C-T6T
- programovatelný automat MicroLogix 1400 cat: 1766-L32BXBA
- frekvenční měnič AC DRIVE POWERFLEX 525 cat: 25B-D6P0N114
- motor SEW-EURODRIVE WA20 DR63L4/BR/TH r. 01.7179183801.0001.15
- switch Phoenix contact SFN 5TX ord. No:2891152
- napájecí zdroj Balluff BAE PS-XA-1W-24-025-002, 60W/24VDC/1,2A cat: BAE0005
- vypínač 3 - pólový LK16R-2.8211 OB2ZC
- pojistkový odpínač Allen-Bradley 1492-FB3C30-L, Class CC, 30A, 3P, 110 - 600V
- jistič OER Minia LTN-6C-1 6A 1P
- stykač 3P - Siemens 3RT1015-1BB41 pomocné kontakty: NO; 24VDC; 7A; NO x3
- bezpečnostní relé ALLEN-BRADLEY MSR127TP GUARD MASTER
- bezpečnostní stykač Allen Bradley GUARD MASTER 700-CF310E\* A
- bezpečnostní stykač Allen Bradley GUARD MASTER 700-CF310E\* A
- relé Finder s DC cívkou 24V 55.33.9.024.0010
- šroubová patice Finder 94.03 pro lištu DIN
- maják ELECO BL-06-24-H15-G-0-R
- stop tlačítko Schneider Electric XALK198H7
- tlačítková skříň HARMONY XALD01

##### 4.1.1. Allen Bradley Panelview C600

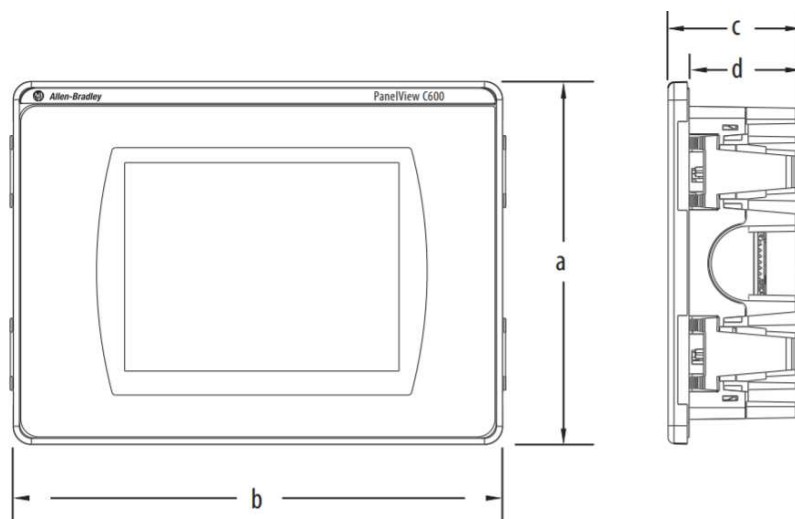
Terminály PanelView Component od společnosti Rockwell Automation jsou panely pro monitorování a ovládání řídicích signálů připojených k PLC. Panely C600 disponují



Obr. 20) Display PowerView C600 [11]

programovým Ethernetovým a USB portem. Ethernet port podporuje statické adresy IP a Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) přidělené adresy IP. Pokud se použije statické adresování IP, pak se musí ručně nastavit adresa IP, maska podsítě a výchozí brána. Pokud se použije DHCP, pak server automaticky přiřadí adresu IP, masku podsítě, výchozí bránu ze serveru DNS a WINS. Aplikace HMI jsou vytvořeny pomocí webové aplikace, ve které je počítač připojen přímo k terminálu. Při realizaci diplomové práce byl použit panel od Allen Bradley C600 s typovým

označením 2711C-T4T. Tento panel je dotykový o velikosti 4" s barevným TFT displejem o rozlišení 480x272. Terminál C600 je určen výhradně pro PLC Micrologix, SLC a Micro800 s podporou komunikací RS-232 (DF1), DH-485, RS-485, Ethernet a Modbus/TCP. Velikost a konstrukční schéma panelu je možno vidět na Obr. 21). [11]



Obr. 21) Konstrukční schéma PanelView C600 [11]

#### Rozměry panelu PanelView C600

<b>a</b>	<b>154 mm (6.0 in.)</b>	<b>b</b>	<b>209 mm (8.23 in.)</b>
<b>c</b>	<b>57 mm (2.25 in.)</b>	<b>d</b>	<b>49 mm (1.93 in.)</b>

Tab. 1) Rozměry PanelView C600

#### 4.1.2. MicroLogix 1400

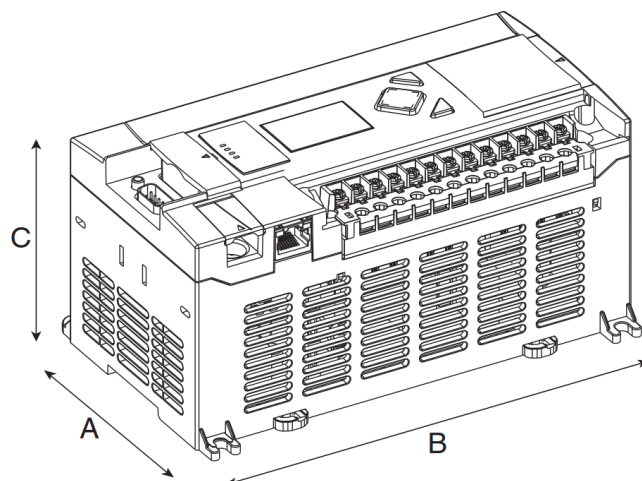
Allen-Bradley MicroLogix 1400 od společnosti Rockwell Automation doplňuje stávající řadu malých programovatelných jednotek MicroLogix o další logické automaty. MicroLogix 1400 kombinuje požadované funkce z MicroLogix 1100, jako je EtherNet / IP, online editaci a



Obr. 22) MicroLogix 1400 [12]

vestavěný LCD, plus nabízí vylepšené funkce jako například: vyšší počet vstupů a výstupů, rychlejší vysokorychlostní čítač / PTO a rozšířené možnosti sítě. Využití vestavěného LCD displeje s podsvícením pro lepší nastavení a konfiguraci sítě Ethernet, zobrazení plovoucích hodnot na uživatelsky konfigurovatelném displeji, zobrazení OEM loga při spuštění a čtení binárních nebo celočíselných hodnot. Micrologix má až tři vestavěné komunikační porty

poskytující vynikající funkce komunikačních schopností. MicroLogix 1400 komunikuje pomocí rozhraní RS232C, RS485 a portu RJ-45 pro protokoly 10 / 100 Mbps EtherNet / IP peer-to-peer, DNP3 přes IP anebo protokol Modbus TCP / IP. Stejně jako u ostatních řad MicroLogix je i Micrologix 1400 programován pomocí programovacího softwaru RSLogix 500. Velikost a konstrukční schéma panelu viz Obr. 23). [12]



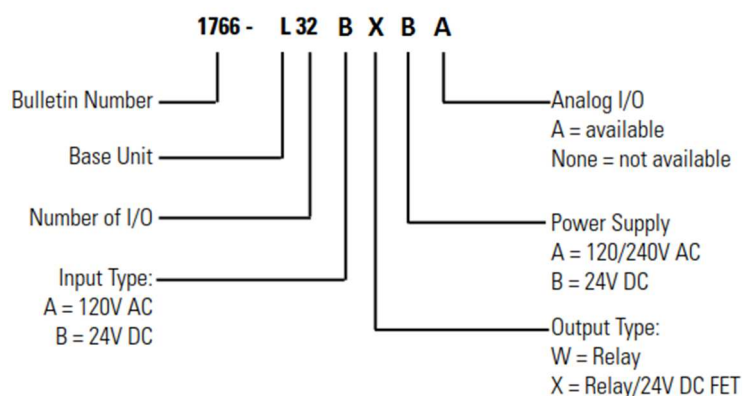
Obr. 23) Konstrukční schéma MicroLogix 1400 [13]

### Rozměry PLC Micrologix 1400

<b>A</b>	<b>90 mm (3.5 in.)</b>	<b>B</b>	<b>180 mm (7.078 in.)</b>
<b>C</b>	<b>87 mm (3.43 in.)</b>		

Tab. 2) Rozměry MicroLogix 1400

V mém případě byla vybrána řada PLC 1766-L32BXBA, specifikace toho PLC je možno vidět na Obr. 24). Výhodou Micrologix 1400 řady 1766-L32BXBA je, že disponuje až 6 vestavěnými vstupy rychlých čítačů se vzorkovací frekvencí 100 kHz a třemi vysoko rychlostními výstupy Out 2, 3 a 4 FET, které mohou být konfigurovány jako impulzní výstup 100 kHz (PTO) nebo jako 40 kHz pulzně šířková modulace (PWM). [13]



Obr. 24) Rada PLC 1766-L32BXBA [13]

#### 4.1.3.AC drive PowerFlex 525

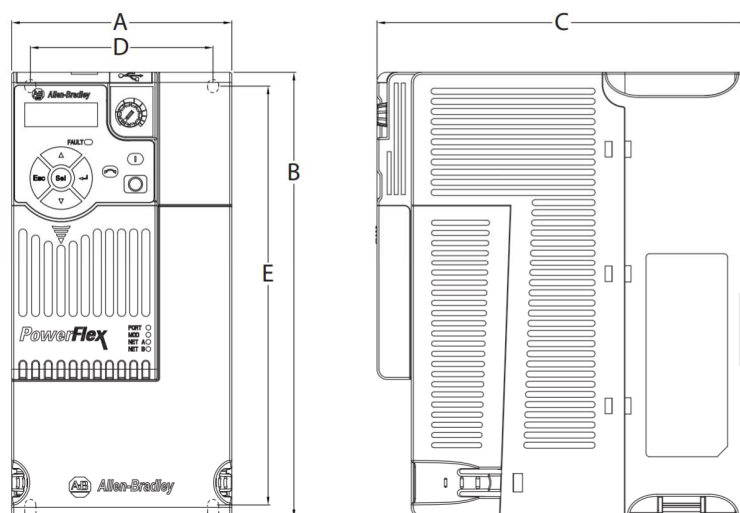
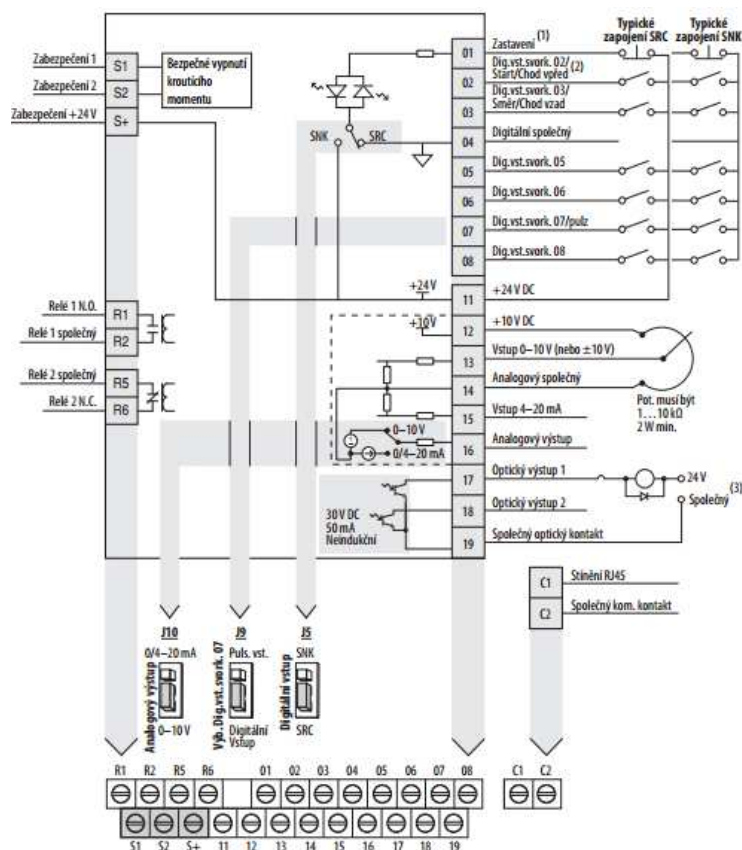
Frekvenční měniče řady PowerFlex 525 jsou vybaveny inovativním, modulárním designem, který podporuje rychlou a snadnou instalaci a konfiguraci. Tato nová generace kompaktních měničů nabízí vestavěnou komunikaci EtherNet / IP nebo programování za pomoci USB, ve kterém lze vzít řídicí modul a naprogramovat jej za pomoci standardního kabelu USB mimo instalaci měniče. PowerFlex 525, také disponuje hardwarovou funkcí bezpečného odpojení krouticího momentu dle certifikace SIL 2 / PLd Cat 3. Pohony PowerFlex 525 se nabízejí ve výkonových řadách od 0,4 - 22 kW a (0,5 - 30 Hp) při globálních napětích od 100 do 600V. Tyto měniče poskytují různé možnosti ovládání motoru a flexibilní možnosti montáže. Pohony PowerFlex 525 pracují při teplotách až 70 ° C a jsou ideální pro aplikace, jako jsou dopravníky, ventilátory, čerpadla. Měnič podporuje různé principy řízení motoru, U/f, vektorové bezsenzorové řízení otáček, řízení otáček v uzavřené smyčce a řízení motorů s permanentními magnety. Měniče se konfiguruji za pomoci softwaru Connected Components Workbench, díky intuitivnímu rozhraní a průvodcům procesem lze snadno Powerflex 525 pomocí CCW uvést do provozu. Software CCW využívá technologie Rockwell Automation a Microsoft Visual Studio a je k dostání v bezplatné verzi.



Obr. 25) PowerFlex 525

Powerflex 525 disponuje dvěma analogovými vstupy jedním unipolárním a druhým bipolárním, které jsou nezávisle izolované od ostatních I/O měničů. Tyto vstupy lze přepínat za pomoci digitálního vstupu. Měnič je vybaven sedmi digitálními vstupy, kde šest vstupů lze programovat, což zajišťuje univerzálnost pro dané aplikace. Powerflex 525 má pouze jeden analogový výstup, který je volitelný pomocí propojky, a to pro výstupní napětí 0-10V nebo výstupní proud 0-20mA. Tento 10-bitový analogový výstup lze použít pro měření nebo referenci rychlosti do dalšího měniče. Optické a reléové výstupy (jeden NO a jeden NC) lze používat k indikaci různých stavů měniče, motoru nebo logiky. Bezpečné vypnutí krouticího momentu je realizováno pomocí svorek označených S1 a S2 v hardwarovém zapojení, které při ztrátě napětí ihned vybaví měnič od generování řídicích signálů pro tranzistory MOSFET a napětím pro budiče. [14]





Obr. 26) Konstrukční a elektrické schéma PowerFlex 525

### Rozměry Powerflexu 525 o rámu A

A	72.0 mm (2.83 in.)	B	152.0 mm (5.98 in.)
C	172.0 mm (6.77 in.)	D	57.5 mm (2.26 in.)
E	140.0 mm (5.51 in.)	Hmotnost	1.1 Kg (2.4 lb)

Tab. 3) Rozměry Powerflexu 525 [14]

#### 4.1.4. Bezpečnostní relé MSR127TP

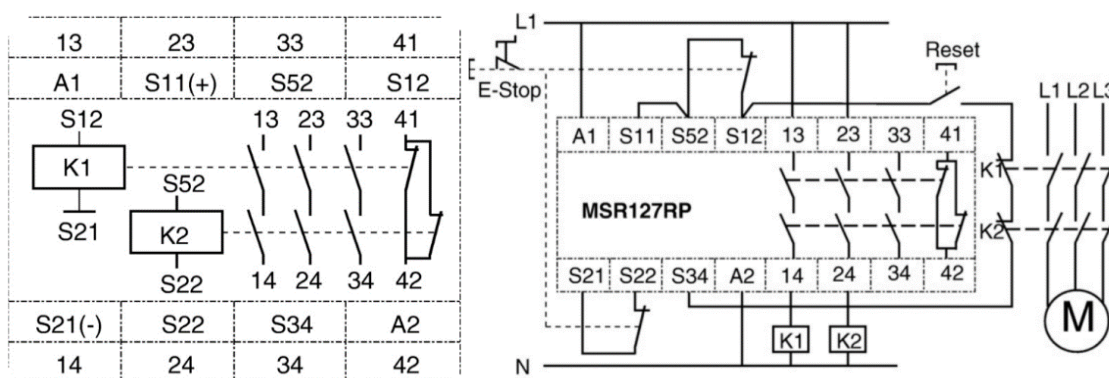
MSR127TP lze připojit ve třech různých konfiguračních zapojeních. V jednom uzavřeném okruhu, ve dvou uzavřených okruzích nebo s dvě PNP připojeními ze světelných clon.



Obr. 27) MSR127TP [15]

Při připojení v uzavřeném okruhu kontroluje MSR127RTP křížové poruchy přes dva vstupy. Při připojení světelných závor musí světelná clona provádět detekci křížových poruch. MSR127TP se vyrábí ve dvou modelech, buďto s automatickým nebo ručním resetem. Při automatickém resetu dochází k resetování obvodu automaticky, ale při manuálním musí být bezpečnostní relé doplněno o nekontrolovaný ruční reset přidáním NO spínače do monitorovací smyčky. Modely s monitorovaným ručním resetem poskytují kontrolu výstupního sledování obvodu. Bezpečnostní výstupy mají nezávislé a redundantní oddělení vnitřních kontaktů, které podporují bezpečnostní funkci. Pomocným výstupem je výstup nezabezpečený, který poskytuje externí signál o stavu bezpečnostních výstupů. [15]

V mém případě bylo použito zapojení se dvěma uzavřenými okruhy s manuálním resetem a možností monitorování výstupu, dané zapojení je vidět na Obr. 28). Svorky S52, S12 jsou pro první kanál a svorky S21, S22 pro kanál druhý za pomoci NC tlačítek vyhodnocovány, jestliže bude jedno s tlačítek sepnuto, dojde ihned k odpojení všech kanálů. Obvod se uzavírá svorkami S12 a S34 přes kontakty NC stykače K1 a K2 s možností sledování výstupu, jestliže nejsou stykače v poruše a emergency stop není sepnut, lze pomocí RESET tlačítka nahodit relé. Následně výstupy ze svorek 14 a 24 jsou přivedeny do frekvenčního měniče Powerflex 525 na hardwarové bezpečnostní svorky S1 a S2 pro bezpečné vypnutí kroutičního momentu. Celkové zapojení dle obrázku splňuje bezpečnostní normu SIL3 a PLe dle normy ISO 13849-1:2006 a IEC 62061.



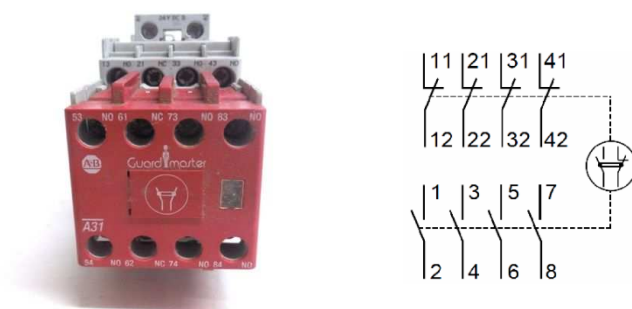
Obr. 28) Blokové schéma bezpečnostního relé MSR127TP [15]

<i>Kat. číslo</i>	<b>440R-N23126</b>
<b>Napájecí napětí</b>	24 V AC/DC
<b>Počet kanálů</b>	2
<b>Bezpečnostní kategorie ISO 13849-1</b>	4
<b>SIL IEC 61508</b>	1.19/0.68 A
<b>PL ISO 13849-1</b>	E
<b>Bezpečnostní kontakty</b>	3
<b>Metoda resetování</b>	Automatické, Manuální
<b>Sortiment</b>	Monitaur
<b>Splněné normy</b>	BG, CULus
<b>Šířka</b>	99 mm
<b>Hloubka</b>	22.5 mm
<b>Délka</b>	114.5 mm

Tab. 4) Parametry Monitaur 440R-N23126 [13]

#### 4.1.5. Bezpečnostní stykač

Bezpečnostní stykače z řady 700S-CF poskytují spojení (mechanically linked) v souladu s IEC 60947-5-1, které jsou vyžadovány ve zpětnovazebních obvodech pro moderní bezpečnostní aplikace. Princip spočívá v tom, jestliže je NO kontakt sepnut, nesmí být žádný s kontaktů NC také sepnut. A pokud je zase NC kontakt sepnut, nesmí být zase žádný NO kontakt sepnut. Hlavní výhodou bezpečnostního stykače je, že při slepení hlavních kontaktů se přidavné kontakty nerozepnou, čímž je hned diagnostikovaná porucha. Stykač má operační časy sepnutí pro AC 50/60 Hz 15..30 ms a pro DC 40..70 ms. Operační časy pro rozepnutí pro střídavé napětí AC 50/60 Hz jsou 10..60 ms a pro stejnosměrné DC 7..15 ms. [16]



Obr. 29) Bezpečnostní stykač řady 700S-CF

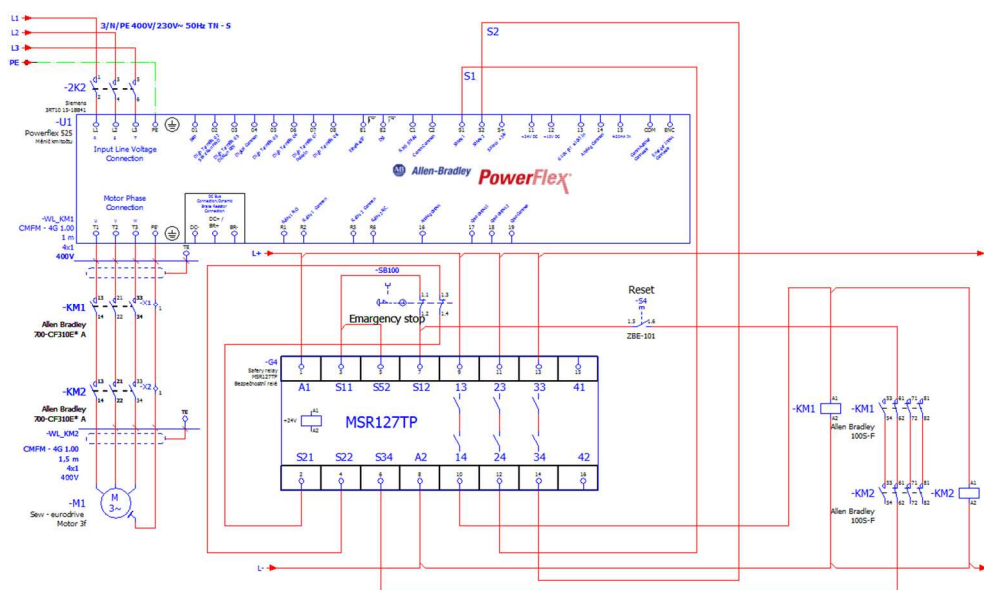


## 5. Realizace projektu v RSLogix 500

Projekt je vytvořen pro demonstraci funkce bezpečného vypnutí krouticího momentu, jak hardwarovým zapojením, tak i softwarovým. Hardwarové zapojení projektu je možno vidět v příloze elektrického schématu Eplan. Softwarová část PLC byla vytvořena v programovacím prostředí RSLogix 500 a pro tento účel byl navržen program pro ovládání měniče a výstupů PLC. Funkce projektu spočívá v tom, že za pomoci bezpečnostního okruhu můžeme vyvolat potřebnou bezpečnostní funkci sepnutím emergency stop. Součástí projektu je také kompletní průmyslová konstrukce řízení asynchronního motoru se všemi potřebnými komponenty pro tuto realizaci (PLC, vizualizace a frekvenční měnič).

### 5.1. Hardwarové zapojení bezpečnosti SIL3 a PLe

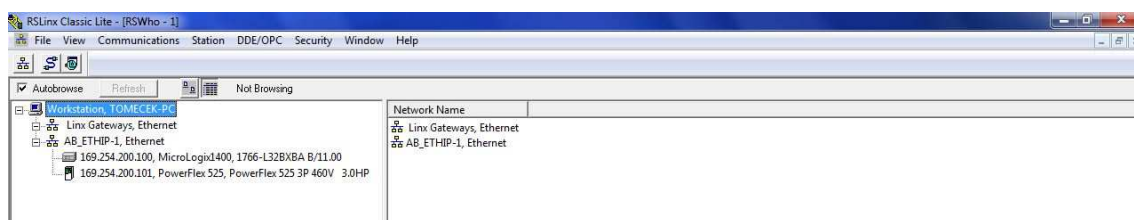
Hardwarové zapojení bezpečnostní funkce vypnutí krouticího momentu pro asynchronní motor je zapojeno dle Obr. 30). Na schématu jsou uvedeny bezpečnostní stykače K1, K2 a bezpečnostní relé MSR127TP od Rockwell Automation. Napájení relé MSR127TP je zapojeno přes kontakty A1 a A2 na napájecí síť 24 V. Bezpečnostní okruhy jsou realizovány přes svorky S11 a S12, které se uzavírají přes první kanál emergency stopu a kontakt NC. Svorky S21 a S22 přes druhý kanál emergency stopu, jestliže tedy dojde k sepnutí emergency stopu, dojde ihned k vybavení kanálu CH1, CH2 a vypnutí výstupu 14, 24 a 34. Přes kontakty S12 a S34 se uzavírá bezpečnostní okruh, který je zapojen přes NC kontakty stykače K1 a K2, jestliže jsou tedy bezpečnostní stykače rozepnuté a není v bezpečnostním okruhu chyba, je možno relé nahodit přes resetovací tlačítko dle schématu, čímž se aktivují výstupy 14, 24, 34. Tyto výstupy jsou přivedeny na hardwarové zapojení bezpečnostního vstupu S1 a S2 u frekvenčního měniče Powerflexu 525 a na cívky stykačů K1 a K2. Při výpadku jednoho nebo druhého kanálu dojde ihned u měniče k vypnutí krouticího momentu a odepnutí cívek stykače od napájení 24V, to vše dle bezpečnosti SIL3 a PLe.



Obr. 30) Hardwarové zapojení bezpečnostní funkce

## 5.2. Nastavení komunikace PC s PLC

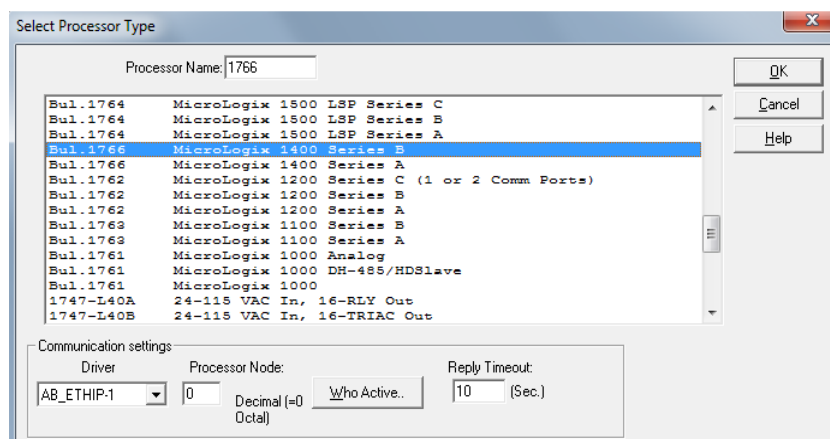
Nejprve musí být nastaveny protokoly sítě Internet (TCP/IP) u PC a PLC, následně se vyzkouší komunikaci tím, že se provede ping test přes příkazový řádek se zadáním IP adresy PLC. Jestli je vše v pořádku a odezva bude bez přerušení, poté spustíme komunikační software RSLinx Classic Lite. V tomto softwaru bude nejprve vybráno **Communications > Configure Drivers**, kde bude zvoleno **Ethernet/IP driver** a bude napsáno např. jméno AB\_ETHIP-1 a vše se potvrdí tlačítkem OK. Pokud je vše nastaveno správně, objeví se PLC s nadefinovanou adresou viz Obr. 31). V mém případě zvolena IP adresa PLC 169.254.200.100 a adresa 169.254.200.101 Powerflex 525 s mapami podsítě 255.255.0.0.



Obr. 31) RSLinx Classic Lite

## 5.3. Vytvoření projektu

Řídicí program pro Micrologix 1400 byl naprogramován ve vývojovém prostředí RSLogix 500 software. Při založení nového programu byla potřeba postupovat pomocí následujících kroků. Nejprve se zvolí **File > New**, kde bude otevřeno okno viz Obr. 32), v něm lze vybrat typ procesoru PLC. V mém případě bylo zvoleno MicroLogix 1400 Series B a název procesoru, který je označen číslem Bul.1766. Následně se zvolí komunikační nastavení, které bylo popsáno v předchozím kroku, protože MicroLogix disponuje komunikací Ethernet/IP zvolí se AB\_ETHIP-1. [17]



Obr. 32) Výběr typu procesoru

## 5.4. Struktura programu

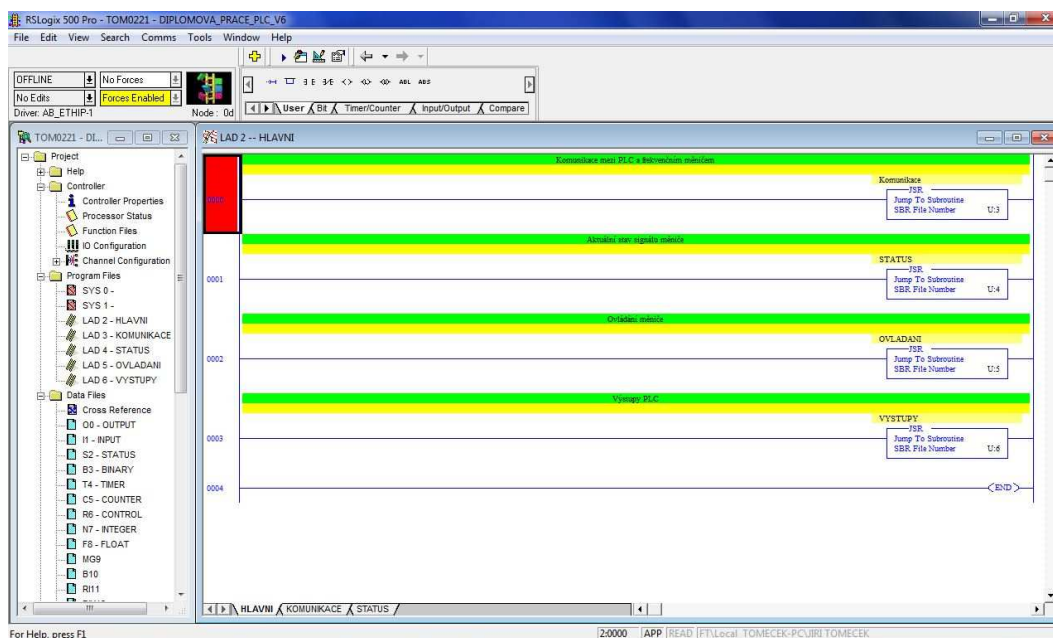
Základní strukturou programu v prostředí RSLogix 500 při vytvoření programu jsou subrutiny. Subrutiny se skládají z datových souborů v Ladder logice tzv. žebříkové. Struktura programu může obsahovat až 256 programovatelných souborů. Soubor SYS 0 (systémový program) je vždy součástí a obsahuje konfiguraci řízení. SYS 1 je také vždy součástí a je vyhrazen pro použití vnitřního ovladače. Tyto první dva soubory jsou automaticky definované, nejde je tedy měnit ani smazat. LAD 2 je také automaticky vytvořen, je také vždy součástí a zároveň je hlavním programem. Program může obsahovat až 3-255 LAD podprogramů. Struktura programu je libovolná, měla by však zodpovídat daným problémům zařízení. Celý program je dobré rozdělit na určité podprogramy, tím se program zjednoduší a zpřehlední. [17]

Program pro ovládání měniče je rozdělen na tyto jednotlivé subrutiny:

- LAD 2 – HLAVNI
- LAD 3 – KOMUNIKACE
- LAD 4 – STATUS
- LAD 5 – OVLADANI
- LAD 6 – VYSTUPY

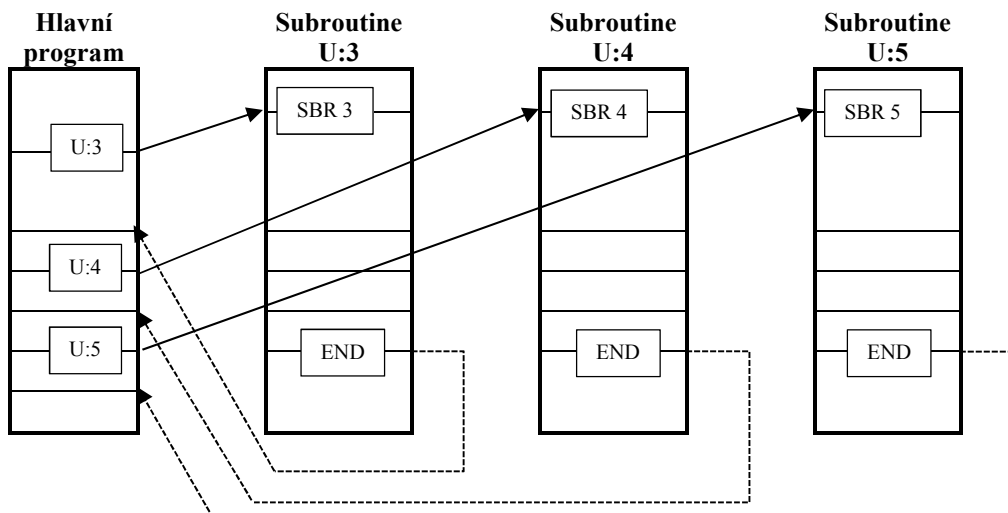
### 5.4.1. Hlavní program

Hlavní program vytvořený v subrutině LAD 2 je složen z programového souboru volající ostatní podprogramy funkcí JSR (skok na podprogramy) status, ovládání a výstupy. Obsah hlavního programu můžeme vidět na Obr. 33).



Obr. 33) Hlavní program

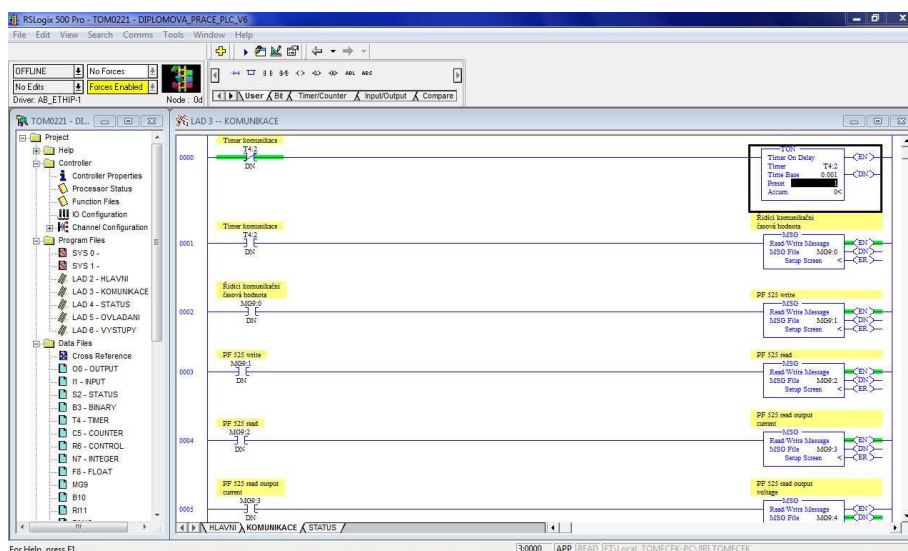
Princip vykonávání funkce JSR si můžeme představit dle Obr. 34), ve které hlavní program vždy vykonává program tím, že nejprve skočí do první subroutiny a vykoná program uvnitř naprogramovaný. Jakmile dojde na konec řádku END vrátí se zpátky do hlavního programu a skočí do další subroutiny a tento princip se cyklicky opakuje rychlostí vnitřního taktu PLC.



Obr. 34) Princip vykonávání funkce JSR

#### 5.4.2. Komunikace

V subroutině LAD 3 je naprogramovaný program k řízení komunikace mezi programovatelným automatem a frekvenčním měničem, který obsahuje časovač TON s časovou konstantou 1 ms, která se stará o neustálou aktualizaci zápisu a čtení dat. Princip spočívá v tom, že timer T4:2/DN je v zapojení XIO [normally closed], takže po odpočítání 1ms se resetuje a znovu spustí časování TON, tento cyklus se neustále opakuje, nastavení můžeme vidět na Obr. 35). [17]

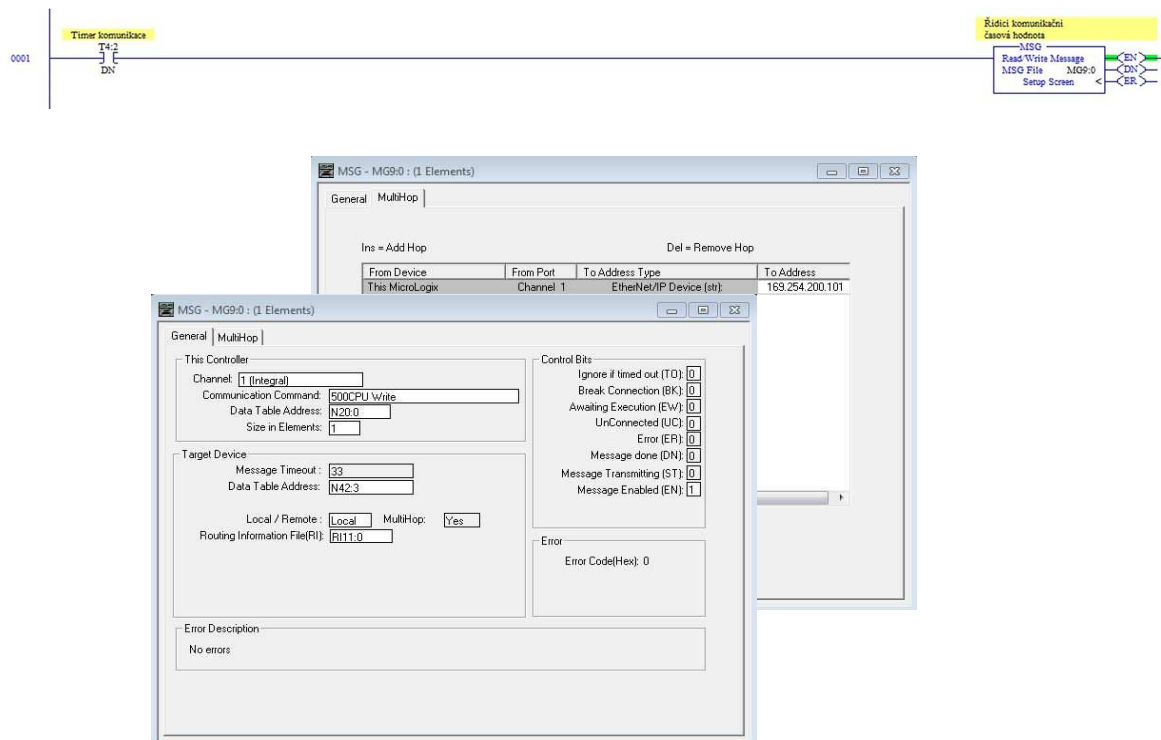


Aby Micrologix 1400 mohl číst nebo zapisovat data za pomoci funkce MSG, musí být komunikační proměnné N-File nastaveny dle následujícího Obr. 36). Hodnota N42:3 nesmí být nikdy nulová, tato hodnota je pak nastavována v datovém integeru RSLogix 500 pod hodnotou N20:0. Následné řízení a zapisování dat je čteno z integru N41:0.

N-File	Description										
N41	<p><b>For Single-Drive Mode Only</b></p> <p>This N-file lets you read and write control I/O messages. You can write control I/O messages only when all of the following conditions are true:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>The adapter is not receiving I/O from a scanner. For example, there is no scanner on the network, the scanner is in idle (program) mode, the scanner is faulted, or the adapter is not mapped to the scanner.</li> <li>The value of N42:3 is set to a non-zero value.</li> </ul>										
	<table> <tr> <th>Write</th><th>Read</th></tr> <tr> <td>N41:0</td><td>Logic Command Word</td></tr> <tr> <td>N41:1</td><td>Unused</td></tr> <tr> <td>N42:2</td><td>Reference</td></tr> <tr> <td></td><td>Feedback</td></tr> </table>	Write	Read	N41:0	Logic Command Word	N41:1	Unused	N42:2	Reference		Feedback
Write	Read										
N41:0	Logic Command Word										
N41:1	Unused										
N42:2	Reference										
	Feedback										
N42	This N-file lets you read and write some values configuring the port										
N42:3	Time-out (read/write): Time (in seconds) allowed between messages to the N41 or N44 file. If the adapter does not receive a message in the specified time, it performs the fault action configured in parameter C143 [EN Comm Flt Actn].										
N42:7	Adapter Port Number (read only): DPI port on the drive to which the adapter is connected.										
42:8	Peer Adapters (read only): Bit field of devices having DPI Peer capabilities.										

Obr. 36) N-File adresy měniče

O stálou komunikaci zápisu MG9:0 se stará komunikační časovač T4:2/DT. Hodnoty komunikační zprávy se nastaví dle Obr. 37). Hodnoty kanálu kontroléru na 1 (Integral), komunikační řízení na 500CPU Write a hodnotu časové konstanty do integeru PLC N20:0, čímž začne kontrolér přijímat platná data na adrese měniče N42:3 po komunikačním rozhraní EtherNet/IP s adresou měniče 169.254.200.101.

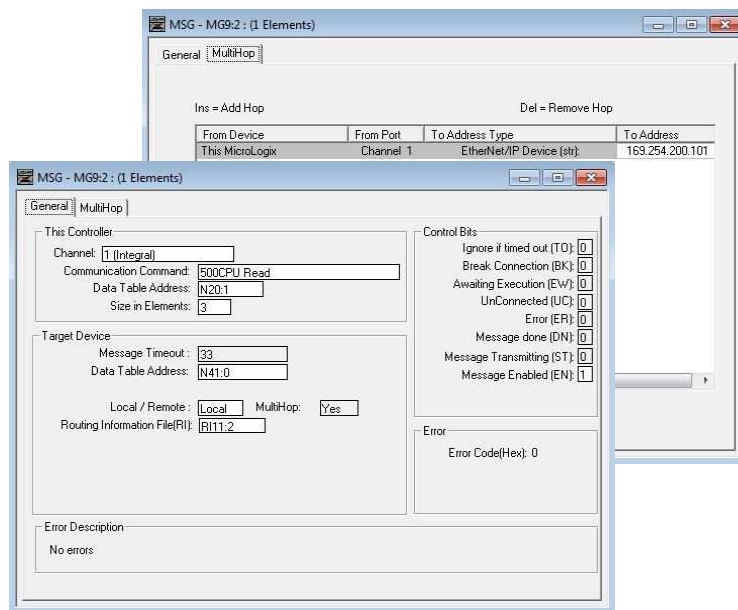


Obr. 37) Nastavení zprávy zápisu MG22:0

```

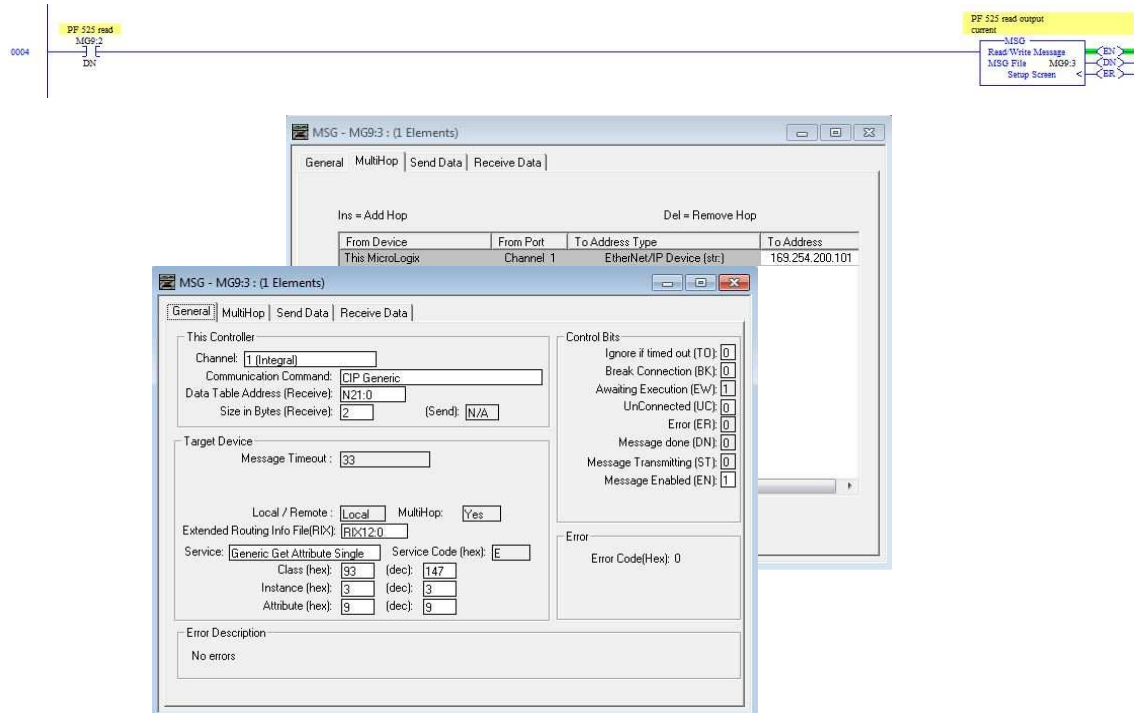
sequenceDiagram
    participant R as Řídící komunikační časová hodnota
    participant P as PF 525 write
    R->>P: MSG
    R->>P: DN
    P->>R: CN
    P->>R: DN
    P->>R: CR
  
```





Obr. 39) Nastavení zprávy čtení MG9:2



Pro čtení výstupní hodnoty výstupního proudu musí být nastavena komunikační zpráva dle Obr. 40). Nastavení zprávy pro kontrolér kanál na 1 (Integral) a komunikační řízení CIP Generic se zapisováním na adresu PLC integeru N21.0 o velikosti 2 bajtů. Nastavení čtení pro měnič informačního souboru směrování RIX nastavíme na adresu RIX12.0, service na Generic Get Attribute single (získání pouze hodnoty). Do class musí být uvedena dekadická hodnota 147 do kolonky (dec), což udává hodnotu odkud je čtena z měniče. Attribute musí být nastaven na hodnotu 9 (dec) a v neposlední řadě přímé určení místa odkud má být aktuální výstupní proud čten 3 (dec) viz Obr. 41).



Obr. 40) Nastavení zprávy pro čtení akt. výstupního proudu



Pro další čtení aktuálních hodnot, buďto výstupních nebo nastavených, je potřeba postupovat vždy stejně jako v Obr. 40), pouze je třeba měnit vždy hodnoty Instance a service. Kolonka service musí mít v PLC vždy jiný komunikační kanál RIX a hodnota instance udává aktuální parametr, který chceme číst, takže pokud chceme číst např. řídicí teplotu je potřeba zadat do kolonky Instance hodnotu 28 (dec) viz Obr. 41) adresy měniče.

<b>Základní zobr.</b>	Výst. napětí	b004	Zobr. procesu F	b011	Úspora výkonu	b018	Celk. úsp. nákl.	b025
	Napětí DC sběr.	b005	Zdroj řízení	b012	Uplyn. doba běhu	b019	Celk. úspora CO2	b026
	Stav měniče	b006	Stav říd. vstupu	b013	Prům. výkon	b020	Tépl. měniče	b027
Výst. frekv.	Kód chyby 1	b007	Stav dig. vstupu	b014	Uplynulé kWh	b021	Řídící teplota	b028
Požadovaná frekv.	Kód chyby 2	b008	Výst. ot./min	b015	Uplynulé MWh	b022	Verze říd. SW	b029
Výstup. proud	Kód chyby 3	b009	Výst. rychlost	b016	Úspora energie	b023		
	Zobr. procesu	b010	Výkon	b017	Celk. úspora kWh	b024		
<b>Základ. program</b>	Jm. frekv. mot.	P032	Třída napětí	P038	Max. frekvence	P044	Zdroj spuštění 3	P050
	Max. proud motoru	P033	Režim krout. mom.	P039	Režim zastav.	P045	Refer. rychl. 3	P051
	Jm. zat. mot.	P034	Autom. nast.	P040	Zdroj spuštění 1	P046	Prům. nákl. na kWh	P052
	Jm. póly mot.	P035	Doba zrychl. 1	P041	Refer. rychl. 1	P047	Vých. hodnoty	P053
Jazyk	Jm. ot./min	P036	Doba zpomal. 1	P042	Zdroj spuštění 2	P048		
Jm. napáj. mot.	Jm. výk. mot.	P037	Min. frekvence	P043	Refer. rychl. 2	P049		

Obr. 41) Adresy pro čtení aktuálních a nastavených hodnot z měniče [14]

#### 5.4.3. Status

Subroutine LAD 4 čte pomocí nadefinované komunikace MG9:2 až MG13:5 aktuální stavy měniče, jak binární tak i integery a real. Tyto hodnoty jsou dále zasílány pro zpracování do PLC a následně zasílány do programu panelu a zobrazovány na vizualizaci. Popis a adresu dat čtení z frekvenčního měniče do PLC je možno vidět v Tab. 5), ve které adresa dat v klasickém adresování udává adresu čtení z měniče a adresa programových dat udává adresu zápisu do vizualizace, která je dále čtena v panelu a zobrazována na vizualizaci.

Popis Měnič	Adresa dat měniče	Popis PLC	Adresa prog. dat
Drive ready	N20:1/0	Status Ready	B10:0/0
Drive active	N20:1/1	Status Active	B10:0/1
Actual direction Forward	N20:1/3	Status Forward	B10:0/3
Actual direction Reverse	N20:1/3	Status Reverse	B10:0/4
Drive faulted	N20:1/7	Status Faulted	B10:0/7
Drive At speed	N20:1/8	Status Speed	B10:0/8
Actual Hz	N7:10	Status Hz	N7:70
Output current	N21:1	Status output current	F8:0
Output voltage	N21:2	Status output voltage	N7:13
DC bus voltage	N21:3	Status DC bus	N7:14
Error code	N21:4	Status error code	N7:15
Drive temp	N21:5	Status drive temp	N7:16
Control temp	N21:6	Status control temp	N7:17
Motor NP volts	N21:7	Status motor NP volts	N7:18
Motor NP Hertz	N21:8	Status motor NP Hertz	N7:21
Motor NP RPM	N21:9	Status motor NP RPM	N7:22
Motor OL current	N21:10	Status motor OL current	F8:1
Motor NP FLA	N21:11	Status motor NP FLA	F8:2
Motor NP Power	N21:12	Status Motor NP Power	F8:3

Tab. 5) Zobrazení stavů z frekvenčního měniče



#### 5.4.4. Ovládání

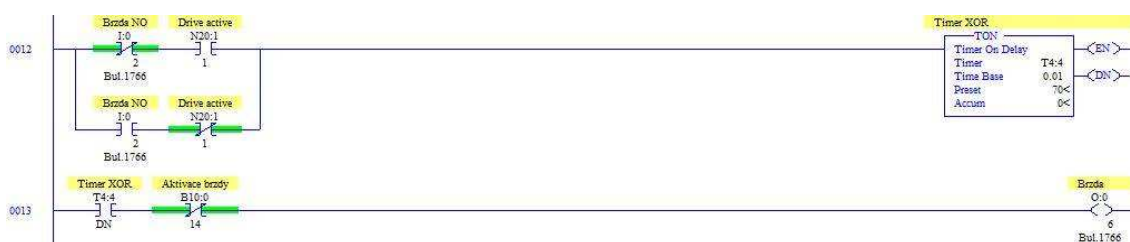
Subrutina LAD 5 zapisuje data do měniče díky nastavené komunikaci MG9:1, ve které se aktivují nadefinované proměnné za pomoci programu vizualizace panelu a ovládají vstupy měniče, a tím i měnič řídí. Vstupy je ovládáno start, stop, jog, reset chyby, forward, reverse a nastavení frekvence měniče. Popis a adresu jednotlivých dat, jak frekvenčního měniče, tak i programovatelného automatu je možno vidět Tab. 6), ve které jsou vnitřní proměnné v klasickém adresování B3:0 aktivovány ve vizualizaci a posílány do PLC, následně jsou pomocí instrukčního programu zasílány na adresu měniče N20:20.

Popis PLC	Adresa prog. dat	Popis Měnič	Adresa dat měniče
Start	B3:0/2	Drive Start	N20:20/0
Stop	B3:0/3	Drive Stop	N20:20/1
Jog	B3:0/4	Drive Jog	N20:20/2
Clear faults	B3:0/5	Drive Clear Faults	N20:20/3
Forward	B3:0/6	Drive Forward	N20:20/4
Reverse	B3:0/7	Drive Reverse	N20:20/5
Speed reference	N7:10	Speed Reference	N7:70

Tab. 6) Ovládání stavů frekvenčního měniče

#### 5.4.5. Výstupy

Subrutina LAD 6 se stará o aktivaci výstupů PLC. Výstup O:0/0 upozorňuje na sepnutí stykače a aktivaci měniče. O:0/1 je určen pro kontrolku stop. Výstupy O:0/3 - O:0/5 spínají pomocí naprogramovaného programu maják a informují nás o stavu zařízení. O:0/6 aktivuje brzdu motoru s bezpečnostní ochranou XOR viz Obr. 42). Výstup O:0/7 informuje o stavu bezpečnostního okruhu, jestliže bliká kontrolka resetu je potřeba bezpečnostní relé resetovat. Poslední výstup O:0/8 redundantně resetuje bezpečnostní okruh místo tlačítka NO.



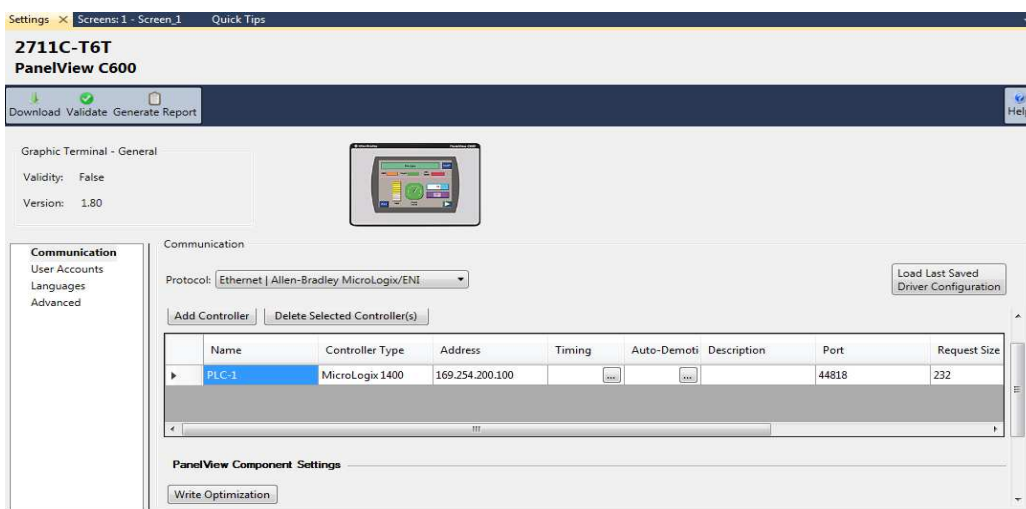
Obr. 42) Ladder XOR brzdy

## 6. Vytvoření vizualizace projektu v CCW

Projekt vizualizace je vytvořen v programu Connected Components Workbench. Tento designový a konfigurační software nabízí programování kontrolérů, editaci zařízení a integraci s HMI editorem. Software je založen na technologiích Rockwell Automation a Microsoft Visual Studio a je dodáván ve dvou verzích - developer edition a standart edition. Výhodou CCW verze standart edition je, že je zdarma. Ve verzi standart edition je také vytvořena má diplomová práce. Vizualizační display se zabývá aktuálním zobrazením stavů výstupů, tak i možným řízením přímo za pomoci vizualizace.

### 6.1. Vytvoření projektu vizualizace

Po spuštění programu Connected Components Workbench se vybere v katalogu **Graphic Terminals > PanelView Component** typ daného panelu, v mém případě 2711T-T6T. Panel bude pojmenováván např. PanelView C600, dvojklikem na název panelu bude otevřeno nastavení panelu viz Obr. 43). V otevřeném projektu je dále potřeba nastavit protokol, jelikož panel komunikuje přes Ethernet s řídícím automatem Micrologix, je nutno nastavit Ethernet Allen-Bradley MicroLogix/ENI, ve kterém bude vyplněn sloupec Name např. PLC-1, typ daného kontrolérů, takže MicroLogix 1400 a IP adresa PLC 169.254.200.100. [17]



Obr. 43) CCW nastavení

#### 6.1.1. Nastavení hodnot Tags

Po vytvoření komunikačního rozhraní mezi PLC a panelem se musí v záložce Tags nastavit adresy a datové typy, které budou mezi PLC a panelem odesílány a přijímány pod danou specifickou adresou. Postup je následovný: sloupec Tag name je určen pro název proměnné, která slouží pro následnou lepší orientaci v projektu. Data type obsahují rámec přenášených bitů, tedy v mém případě jsou v projektu obsaženy tři datové typy. Za první datový typ boolean, který reprezentuje jednu ze dvou hodnot true - log. 1, nebo false - log.0. Za druhé Unsigned integer o hodnotě 2 bajtů, tedy 16 bitů, který v projektu slouží ke čtení aktuálních hodnot z měniče. Třetí

datový typ je real, tento datový typ je o hodnotě 32 bit pouze s tím rozdílem, že obsahuje plovoucí čárku. Hodnota real v projektu slouží například k nastavení hodnoty aktuální frekvence pod adresou F8:10. Editace Tags obsahuje také kolonku Address, která je vždy specifická a obsahuje přesnou adresu daného místa, odkud je hodnota čtena nebo kam je zapisována a také, jak již bylo zmíněno výše, ve které první písmeno adresy informuje o datovém typu znaménka, N určuje hodnotu integeru, B hodnotu datového typu binary a R je určen pro hodnotu real. Poslední kolonka Controller udává název nadefinovaného PLC. Nastavení tagu v projektu diplomové práce je možno vidět na Tab. 7).

Name	Data Type	Address	Controller	Name	Data Type	Address	Controller
<b>Start</b>	Boolean	B3/2	PLC-1	<b>Error code</b>	Unsigned 16 bit integer	N7:14	PLC-1
<b>Stop</b>	Boolean	B3/3	PLC-1	<b>Drive temp</b>	Unsigned 16 bit integer	N7:15	PLC-1
<b>Reverse</b>	Boolean	B3/6	PLC-1	<b>Control Temp</b>	Unsigned 16 bit integer	N7:16	PLC-1
<b>Fordward</b>	Boolean	B3/7	PLC-1	<b>Motor NP volts</b>	Unsigned 16 bit integer	N7:17	PLC-1
<b>Jog</b>	Boolean	B3/4	PLC-1	<b>Motor NP Hertz</b>	Unsigned 16 bit integer	N7:18	PLC-1
<b>Clear Fault</b>	Boolean	B3/5	PLC-1	<b>Motor OL current</b>	Real	F8:1	PLC-1
<b>Set HZ</b>	Boolean	F8:10	PLC-1	<b>Motor NP FLA</b>	Real	F8:2	PLC-1
<b>Status ready</b>	Boolean	B10/0	PLC-1	<b>Motor NP poles</b>	Unsigned 16 bit integer	N7:21	PLC-1
<b>Status active</b>	Boolean	B10/1	PLC-1	<b>Motor NP RPM</b>	Unsigned 16 bit integer	N7:21	PLC-1
<b>Status forward</b>	Boolean	B10/3	PLC-1	<b>Motor NP Power</b>	Real	F8:3	PLC-1
<b>Status reverse</b>	Boolean	B10/4	PLC-1	<b>Status safety relay</b>	Boolean	B10/5	PLC-1
<b>Status faulted</b>	Boolean	B10/7	PLC-1	<b>Status KM1</b>	Boolean	B10/6	PLC-1
<b>Actual Hz</b>	Unsigned 16 bit integer	N7:70	PLC-1	<b>Status KM2</b>	Boolean	B10/9	PLC-1
<b>+ 24V Power</b>	Boolean	B4/1	PLC-1	<b>RESET</b>	Boolean	B3/0	PLC-1
<b>+ 24V</b>	Boolean	B4/2	PLC-1	<b>Signal S1</b>	Boolean	B10/11	PLC-1
<b>OUTPUT CURRENT</b>	Real	F8:0	PLC-1	<b>Signal S2</b>	Boolean	B10/12	PLC-1
<b>Output Voltage</b>	Unsigned 16 bit integer	N7:13	PLC-1	<b>ERROR ETHERNET</b>	Boolean	B10/13	PLC-1
<b>DC bus Voltage</b>	Unsigned 16 bit integer	N7:14	PLC-1	<b>Aktivace Brzdy</b>	Boolean	B10/14	PLC-1

Tab. 7) Komunikační proměnné mezi PLC a PowerView

### 6.1.2. Nastavení alarmů

Parametry alarmů lze nastavit v záložce Alarms, ve kterém je Trigger nastaven na Error code, alarm type je zvolen na numerickou hodnotu. Detekce poruchy je zvolena na nástupnou hranu, tedy na přechod z 0 na 1, čímž se alarm aktivuje. V kolonce Value jsou numerické hodnoty 0 – 127, které jsou čteny z Powerflexu a vždy obsahují popis dané poruchy v kolonce Message. Nastavení alarmů pro dvě hodnoty např: 1 a 57 je možno vidět v Tab. 8). Při aktivaci numerické hodnoty 1 je zobrazena chybová hláška o ztrátě komunikace mezi PLC a PowerFlexem a hodnota 57 je aktivována při ztrátě napájení bezpečnostního okruhu S1 a S2, tedy aktivaci vypnutí krouticího momentu.

Trigger	Alarm Type	Edge Detection	Value	Message
Error code	Numeric	Equal	1	ERROR KOMUNIKACE - mezi Micrologix 1400 a PowerFlex 525
Error code	Numeric	Equal	57	F059 Bezp. otevření 1 - Oba bezpečnostní vstupy (zabezpečení1, zabezpečení 2) nejsou povoleny. Nakonfigurujte pomocí t105 [Pov.bezp.otev.].

Tab. 8) Nastavení alarmů

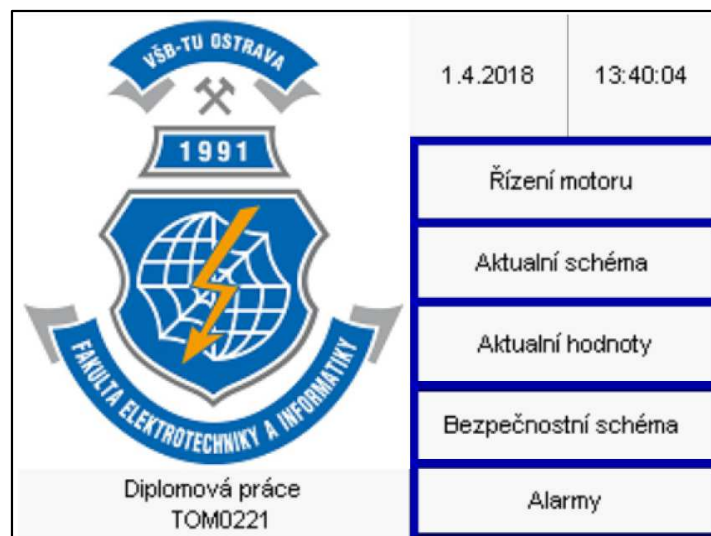
## 6.2. Screeny diplomového projektu

V programu Connected Components Workbench lze v levé části programu přidávat za pomoci funkce add screen, další vizualizační obrazovky. Moje diplomová práce obsahuje celkem šest screenů, níže je jednotlivě popsán popis a funkce jednotlivých screenů.

- **Screen 1 – Hlavní**
- **Screen 2 – Řízení motoru**
- **Screen 3 – Aktuální schéma**
- **Screen 4 – Aktuální hodnoty**
- **Screen 5 – Bezpečnostní schéma**
- **Screen 6 – Alarmy**

### 6.2.1. Screen 1 - Hlavní

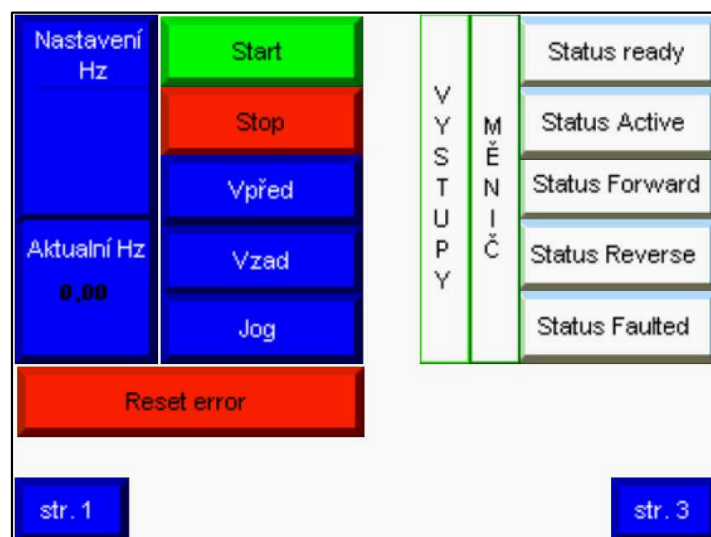
V prvním screenu, který je zároveň screenem hlavním, hlavní screen znamená, že je vždy načten jako úvodní po vytnutí nebo resetování vizualizace. V hlavním screenu je naprogramován aktuální čas a datum s logem VŠB-TO FEI, stiskem tlačítek jednotlivých oken vizualizace v hlavním screenu si lze vybrat následující screen, na který chceme přepnout a to tedy na řízení motoru, aktuální schéma, aktuální hodnoty, bezpečnostní schéma nebo Alarmy. Takto naprogramovaný hlavní screen pro vizualizaci PowerView C600 je možno vidět na Obr. 44).



Obr. 44) Screen 1 – hlavní

#### 6.2.2.Screen 2 - Řízení motoru

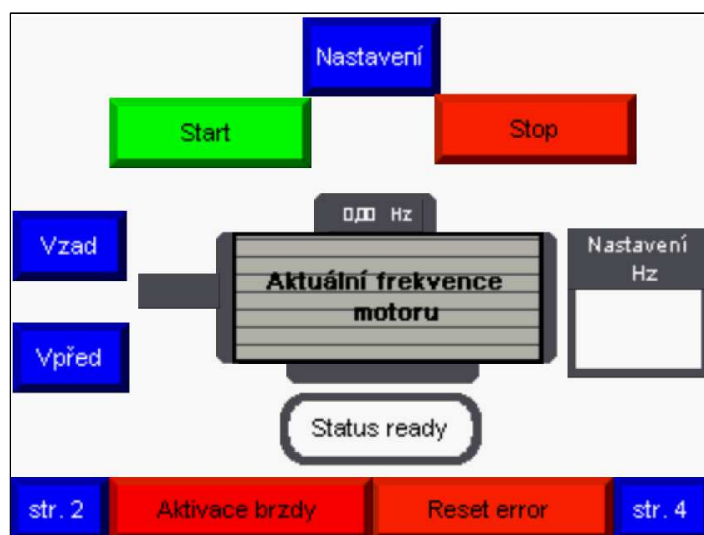
Ve Screenu č. 2 je řízení motoru viz Obr. 45). Screen 2 obsahuje vlevo ovládací prvky, které zasílají pomocí datového typu booleanu B3 signály do měniče. Adresou B3 jsou také ovládány funkce řízení pro měnič start, stop, vpřed, vzad, jog a reset error. V levé části screenu se nachází datové typy integrity, které slouží pro nastavení požadované hodnoty frekvence nebo ke čtení aktuální frekvence. Na pravé straně screenu jsou zobrazovány aktuální výstupní signály měniče status ready, active, forward, reverse a faulted.



Obr. 45) Screen 2 – řízení motoru

### 6.2.3.Screen 3 - Aktuální schéma

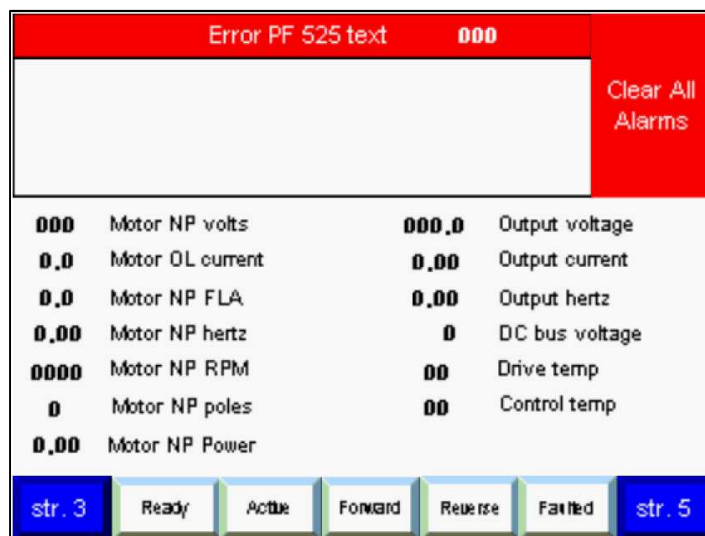
Screen č. 3 – Aktuální schéma obsahuje obrázek motoru, který funkcí BarGraph inicializuje aktuální frekvenci tím, že se zleva plní šedou barvou, takže s přibývajícím šedou barvou se bude zvedat i frekvence, plně zaplněný šedý obrázek odpovídá maximu frekvence 50 Hz. Aktuální frekvenci je možno vidět i v číselném formátu na svorkovnici motoru. Ve vizualizačním schématu motoru je naprogramovaná informace o chybě z booleanu B10/7 status faulted, který je zobrazován červeným obrysem motoru s hřídelí, pokud je měnič v chybě. Dále screen 3 obsahuje tlačítko start a stop pro spuštění a vypnutí motoru. Zelená hřídel nás informuje o stavu, kdy měnič běží a to čtením výstupu signálu status active z frekvenčního měniče. Screen obsahuje reverzaci motoru s aktuálními indikacemi stavu otáček, vizualizační indikace otáček je možno vidět pod a nad hřídelí motoru, které se aktivují podle aktuálního směru. Screen 3 obsahuje také funkci nastavení frekvence, která je za pomoci integeru zasílána do frekvenčního měniče. Screen 3 také obsahuje indikaci boolean status ready, kdy je měnič připraven. Ve screenu je také tlačítko Nastavení, které slouží pro konfiguraci panelu. [17]



Obr. 46) Screen 3 – aktuální schéma

### 6.2.4.Screen 4 - Aktuální hodnoty

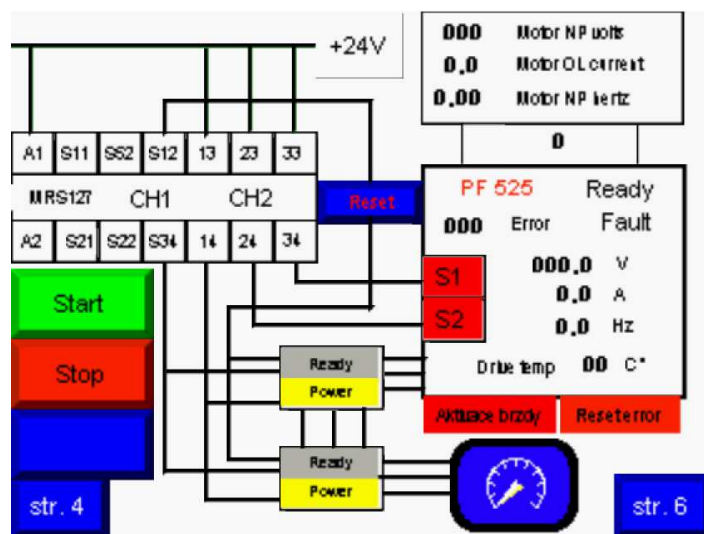
Ve screenu 4 jsou naprogramovány aktuální hodnoty nastavené v měniči na levé straně screenu. Na pravé straně zase aktuální hodnoty výstupních hodnot měniče. V horní části vizualizačního screenu je zobrazena, vždy aktuální porucha, která je aktivována v měniči pod specifickým kódem.



Obr. 47) Screen 4 – aktuální hodnoty

#### 6.2.5.Screen 5 - Bezpečnostní schéma

Screen 5 obsahuje vizualizační schéma bezpečnostní funkce, která byla tímto projektem realizována, což je bezpečné vypnutí krouticího momentu. Tento screen obsahuje hardwarové propojení bezpečnostní funkce s možností vizuální kontroly. V horním schématu měniče, vpravo nahoře, jsou zobrazeny aktuální hodnoty nastavené v měniči napětí - max. nastavený proud a frekvence. Pod těmito hodnotami se nachází hodnota aktuálního napětí meziobvodu. V neposlední řadě blokové schéma měniče obsahuje nápisy Ready a Fault, které informují o stavu měniče, jestliže je vše v pořádku, nápis Ready je vybarven zeleně. Je-li ale v měniči chyba, vybarví se nápis Fault červeně, kde je vedle nápisu Error zobrazen i kód chyby v rozmezí 1 - 127. Blokové schéma také obsahuje aktuální hodnoty měniče výstupní napětí, proud a frekvenci. Čtverce s označením S1 a S2 informují o aktivaci bezpečnostní funkce a jestliže jsou oba kanály relé nahozeny, jsou vybarveny zeleně, jestliže je chyba, jsou červené. Nahození bezpečnostního okruhu lze realizovat dvěma způsoby: tlačítkem RESET na vizualizaci viz Obr. 48) nebo hardwarovým tlačítkem na projektu viz elektronické schéma. Obdélníky s nápisy Ready a Power informují o stavu bezpečnostních stykačů. Obdélník Power informuje o aktivaci (sepnutí) a Ready o stavu zpětné vazby NC kontaktu. Screen také obsahuje tlačítka Start, Stop a aktuální frekvenci, jejichž funkce byla popsány v předchozí kapitole.



Obr. 48) Screen 5 – bezpečnostní schéma

#### 6.2.6.Screen 6 - Alarmy

Na posledním screenu je zobrazena historie alarmů, vždy s popisem dané poruchy a hodnotou Trigger Value. Chyba alarmů je čtena z adresy N7:14 v rozmezí numerických hodnot 0 - 127. K jednotlivým chybám je vždy napsán popis závady viz odstavec 6.1.2 Nastavení alarmů.

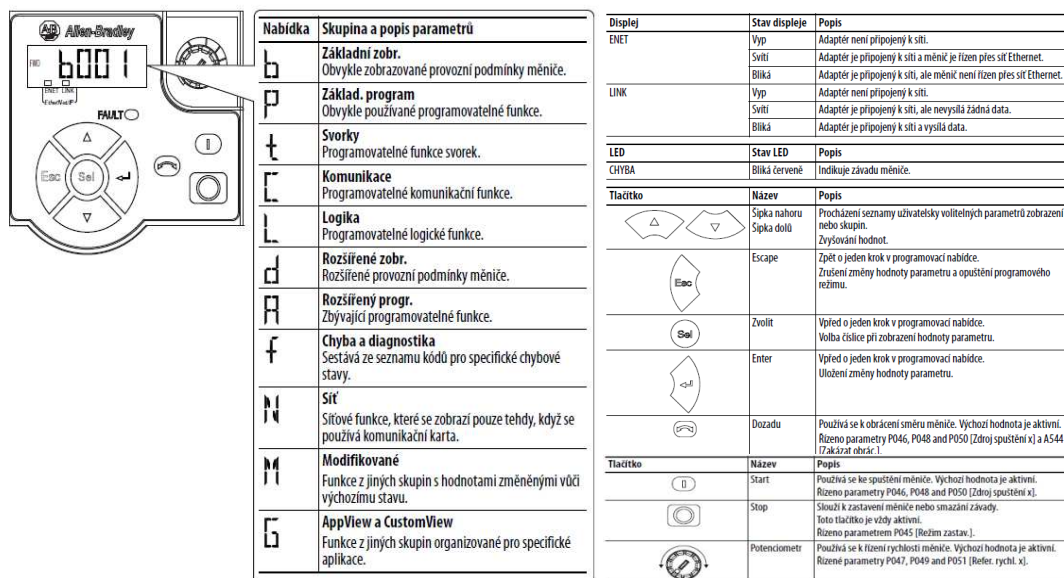
Alarm Message	Trigger Value
Alarm Message	Trigger Value
str. 6	

Obr. 49) Screen 6 - Alarmy



## 7. Nastavení parametrů Powerflexu 525 v CCW

Pro nastavení parametru měniče je zapotřebí nejprve nastavit komunikaci - IP adresu a mapu podsítě, která se musí nastavit pomocí interagované klávesnice. Prostřednictvím tlačítek měniče budou nastaveny parametry nabídky dle Obr. 50), na kterém je zobrazen vpravo princip funkce ovládání pomocí tlačítek integrovaných na měniči a vlevo označení hlavních programů nabídek. V našem případě je nutno vybrat nabídku C - programové a komunikační funkce parametry C128 až C136 a ty upravit pomocí námi nadefinovaného protokolu TCP/IP.



**Obr. 50) Hlavní nabídka a popis ovládání měniče [17]**

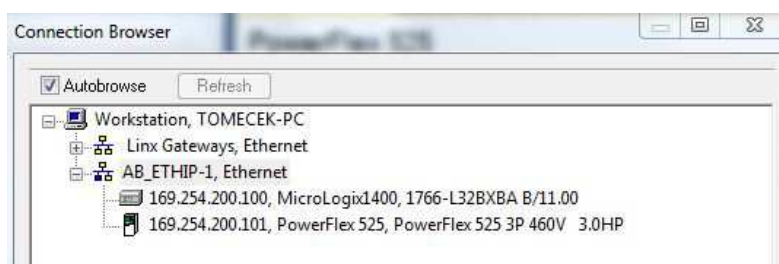
### Seznam parametrů pro nastavení komunikace protokolu TCP/IP:

- ***C128 [EN výb. adr.] = 1 “Parametry”***
- ***C129 [EN konf.adr.IP 1] = 169***
- ***C130 [EN konf.adr.IP 2] = 254***
- ***C131 [EN konf.adr.IP 3] = 200***
- ***C132 [EN konf.adr.IP 4] = 101***
- ***C133 [ENkonf.podsítě1] = 255***
- ***C134 [ENkonf.podsítě2] = 255***
- ***C135 [ENkonf.podsítě3] = 0***
- ***C136 [ENkonf.podsítě4] = 0***

Po nastavení komunikačních parametrů je nutno měnič vypnout a zapnout, nebo pomocí parametru P053 - 3 resetovat napájení, aby byly parametry aktivovány. O aktivaci informují indikační ledky ENET a LINK, pokud indikační ledky začnou blikat, měnič je připojen k síti a vysílá data. Dále musí být nastaveny parametry motoru, buďto přes počítač pomocí softwaru Connected Components Workbench, který je popsán v odstavci 7.1 nebo pomocí integrované klávesnice měniče. [17]

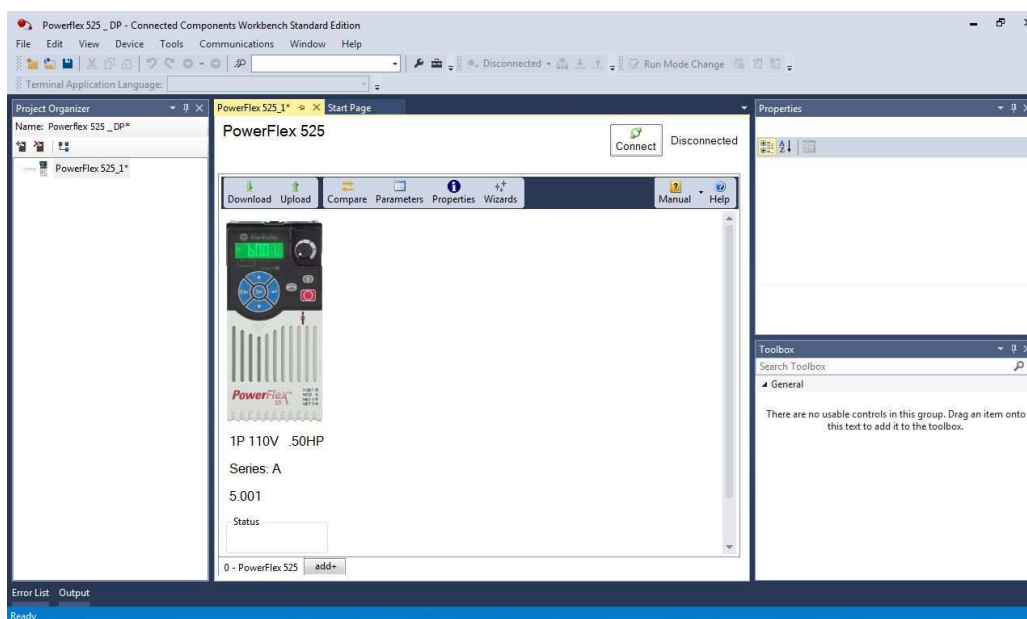
## 7.1. Nastavení parametrů měniče pomocí softwaru CCW

Pro nastavení parametru pomocí PC je zapotřebí spustit CCW, jako v bodě 6.1, ale pouze místo **Graphic Terminals** bude vybráno **Drives > PowerFlex 525**. Dvojklikem název PowerFlex 525 bude spuštěno konfigurační nastavení frekvenčního měniče. Stiskem tlačítka connect se otevře okno Connection Browser viz Obr. 51), ve kterém bude vybráno přes software RSLinx Classic Lite Ethernetové rozhraní AB\_ETHIP-1, objeví se již nadefinovaný měnič s nakonfigurovanou adresou. Dvojklikem na měnič s nadefinovanou adresou bude připojen pro online editaci.



Obr. 51) Connection Browser pro připojení měniče

Pro nastavení parametrů motoru a řízení frekvenčního měniče je nutno v online editaci PowerFlexu 525 vybrat záložku Parameters dle Obr. 52). Tímto způsobem bude otevřeno dialogové okno All parameters s celým nastavením parametrů Powerflexu 525, v mém případě pro funkci diplomové práce byla vybrána pouze záložka Custom Group, do které byly přidány jednotlivé parametry a nastavení dle Tab. 9). Parametry 31 - 37 slouží pro konfiguraci motoru, tedy nastavení štitkových hodnot motoru. A následující parametry slouží k specifikaci řízení měniče pro konkrétní úlohu.



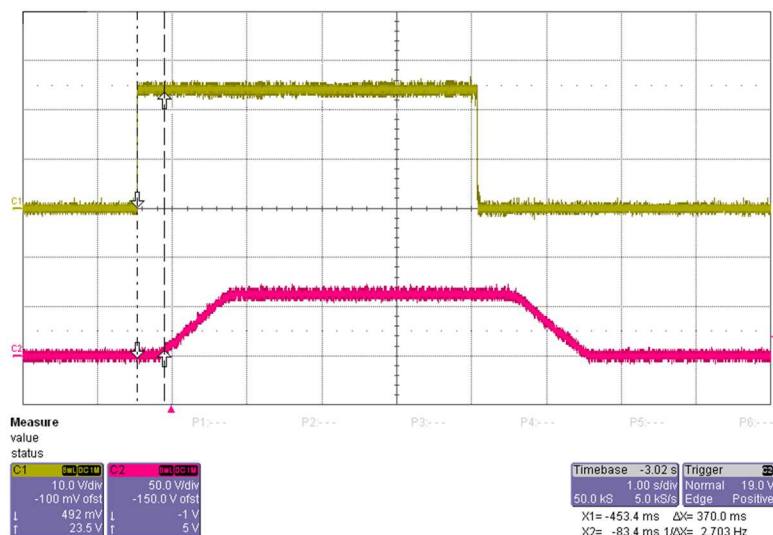
Obr. 52) Nastavení parametrů měniče

<i>Par</i>	<i>Name</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>	<i>Internal value</i>	<i>Default</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<b>30</b>	Language	Czech		15	English	1	15
<b>31</b>	Motor NP Volts	400	V	400	460	20	460
<b>32</b>	Motor NP Hertz	50	Hz	50	60	15	500
<b>33</b>	Motor OL Current	0.5	A	5	6.0	0.0	12.0
<b>34</b>	Motor NP FLA	0.8	A	8	4.0	0.1	12.0
<b>35</b>	Motor NP Poles	4		4	4	2	40
<b>36</b>	Motor NP RPM	1300	RPM	1300	1750	0	24000
<b>37</b>	Motor NP Power	0.25	kW	25	2.20	0.00	655.35
<b>39</b>	Torque Perf Mode	V/Hz		0	SVC	0	3
<b>40</b>	Autotune	Ready/Idle		0	Ready/Idle	0	2
<b>41</b>	Accel Time 1	2.00	Sec	200	10.00	0.00	600.00
<b>42</b>	Decel Time 1	2.00	Sec	200	10.00	0.00	600.00
<b>44</b>	Maximum Freq	50.00	Hz	5000	60.00	0.00	500.00
<b>45</b>	Stop Mode	Ramp, CF		0	Ramp, CF	0	11
<b>46</b>	Start Source 1	EtherNet/IP		5	Keypad	1	5
<b>47</b>	Speed Reference1	EtherNet/IP		15	Drive por	1	16
<b>53</b>	Reset To Defaults	Ready/Idle		0	Ready/Idle	0	3
<b>105</b>	Safety Open En	FaultEnable		0	FaultEnable	0	1
<b>125</b>	Comm Loss Action	Fault		0	Fault	0	3
<b>127</b>	Comm Loss Time	3.0	Sec	30	5.0	0.1	60.0
<b>128</b>	RS485 Format	RTU 8-N-1			RTU 8-N-1	0	5
<b>128</b>	EN Addr Sel	Parameters		1	BOOTP	1	2
<b>129</b>	EN IP Addr Cfg 1	169		169	0	0	255
<b>130</b>	EN IP Addr Cfg 2	254		254	0	0	255
<b>131</b>	EN IP Addr Cfg 3	200		200	0	0	255
<b>132</b>	EN IP Addr Cfg 4	100		100	0	0	255
<b>133</b>	EN Subnet Cfg 1	255		255	0	0	255
<b>134</b>	EN Subnet Cfg 2	255		255	0	0	255
<b>135</b>	EN Subnet Cfg 3	0		0	0	0	255
<b>136</b>	EN Subnet Cfg 4	0		0	0	0	255
<b>143</b>	EN Comm Flt Actn	Fault		0	Fault	0	4
<b>431</b>	Jog Frequency	10.00	Hz	1000	10.00	0.01	600.0
<b>432</b>	Jog Accel/Decel	10.00	Sec	1000	10.00	0.01	600.0
<b>433</b>	Purge Frequency	5.00	Hz	500	5.00	0.00	500.0
<b>439</b>	S Curve %	10		10	0	0	100
<b>440</b>	PWM Frequency	10.0	kHz	100	4.0	2.0	16.0

*Tab. 9) Nastavené parametry měniče*

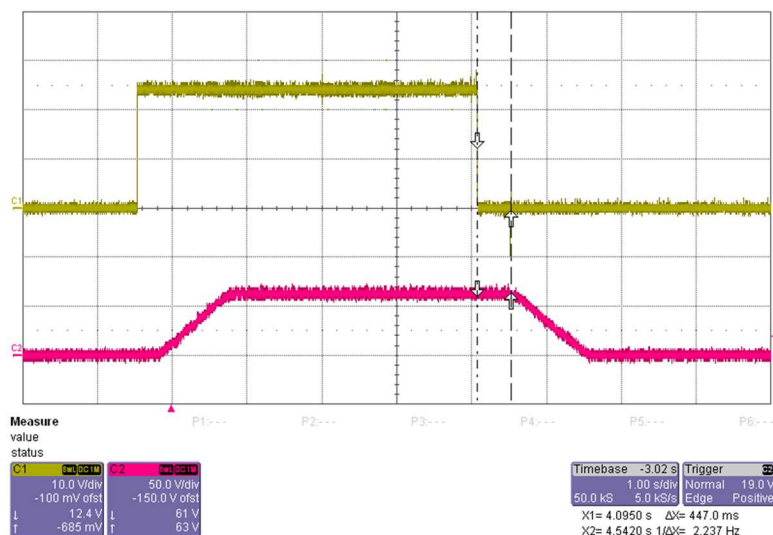
## 8. Měření

V prvním grafu měření na Obr. 53) je zobrazen průběh startu měniče na frekvenci 25 Hz. Žlutý průběh je generován z výstupu Out 2 a následně také duplicitně zasilán do měniče. Červený průběh značí aktuální otáčky. Z průběhu je zřejmé zpoždění 370 ms, které je způsobeno komunikačním vedením.



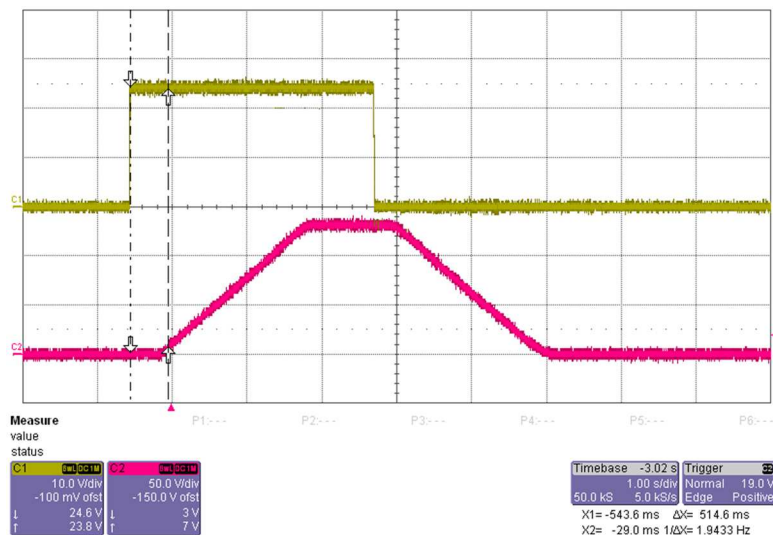
Obr. 53) Průběh zapnutí na frekvenci 25 Hz

V dalším průběhu na Obr. 54) je zobrazena reakce vypnutí měniče z požadavku PLC z výstupu Out 2, žlutý průběh při frekvenci 25 Hz, výstupní doba 447 ms je způsobena odesláním zpráv v generátoru PLC.



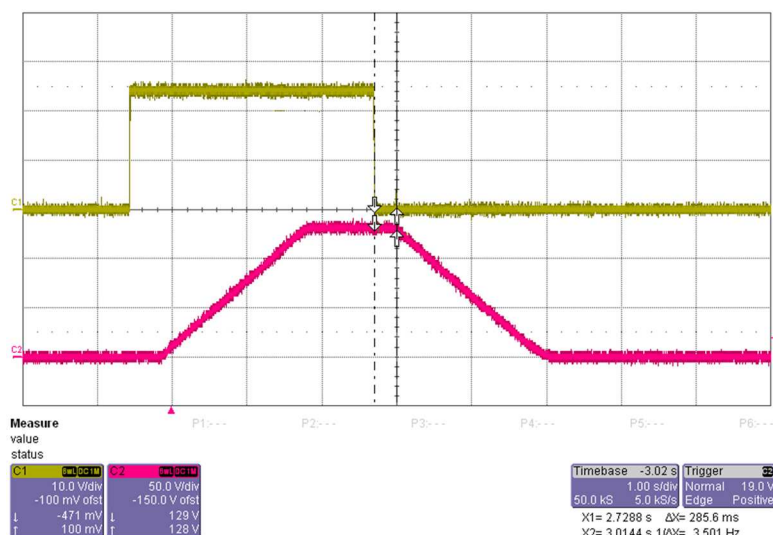
Obr. 54) Průběh vypnutí z frekvence 25 Hz

Na Obr. 55) je zobrazeno zapnutí měniče na požadovanou jmenovitou frekvenci 50 Hz, z průběhu je čitelná doba zrychlení a zpomalení nastavená v měniči na 2s pro oba průběhy, tyto průběhy odpovídají i zobrazeným průběhům z červeného grafu. Jako u předchozích průběhů i zde je 514,6 ms odezva sepnutí měniče, která je také způsobena komunikačním vedením.



Obr. 55) Průběh zapnutí na frekvenci 50 Hz

Na Obr. 56) je zobrazena vypínací doba měniče ze jmenovité frekvence 50 Hz, ve které je také doba zrychlení a zpomalení doby 2s pro oba průběhy. Doba vypnutí odpovídá 285,6 ms, která je také způsobena komunikačním generátorem pro měnič T4:2/DN.



Obr. 56) Průběh vypnutí z frekvence 25 Hz

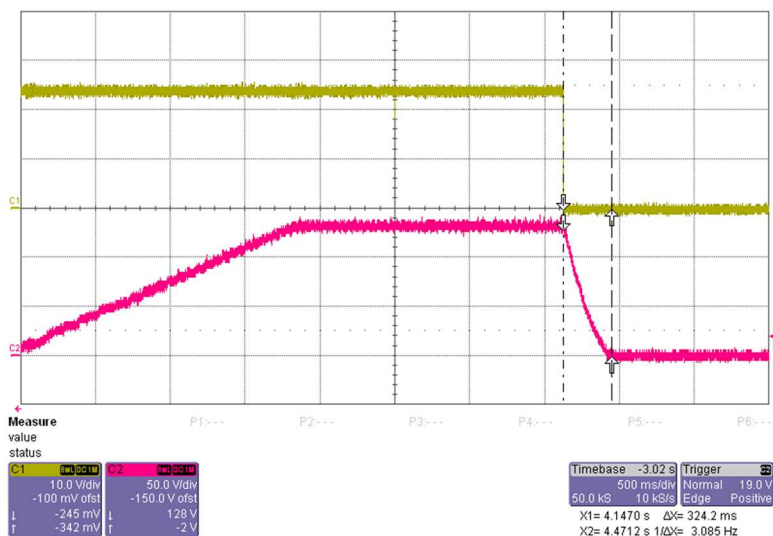
Measure value status

P1>... P2>... P3>... P4>... P5>... P6>...

C1 50.0 V/div 100 mV/div 50.0 V/div 100 mV/div  
-100 mV ofst -150.0 V ofst  
-342 mV 55 V  
-138 mV 4 V

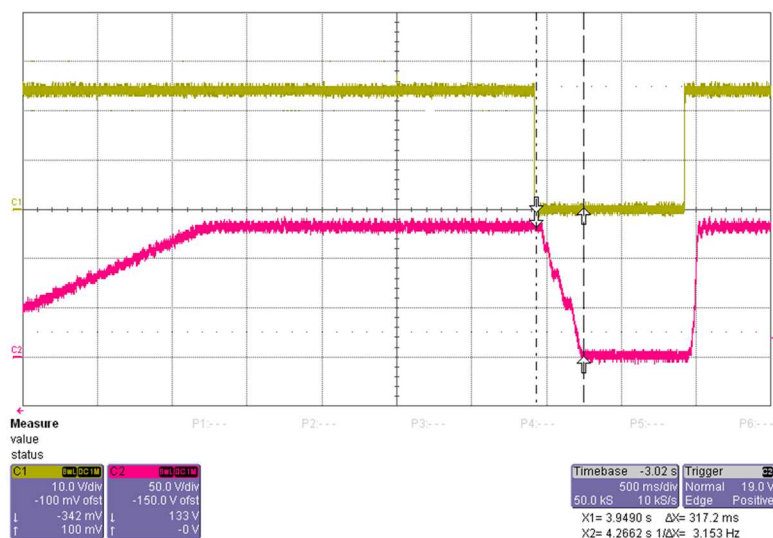
Timebase -3.02 s Trigger Normal 19.0 V  
50.0 kS 10 kS/s Edge Positive  
X1= 3.6742 s ΔX= 156.2 ms  
X2= 3.8304 s ΔX= 6.402 Hz

Na Obr. 58) je zobrazena aktivace emergenci stopu a následná aktivace bezpečného vypnutí krouticího momentu při nejvyšších otáčkách se jmenovitou frekvencí 50 Hz. Celkové vypnutí měniče z uvedené frekvence trvá 324,2 ms, což je zhruba polovina doby než při frekvenci 25 Hz, jak je vidět z červeného průběhu. Žlutý průběh zobrazuje aktivaci bezpečnostního relé, přičemž signál je brán přímo z výstupního kanálu z kontaktu 14.



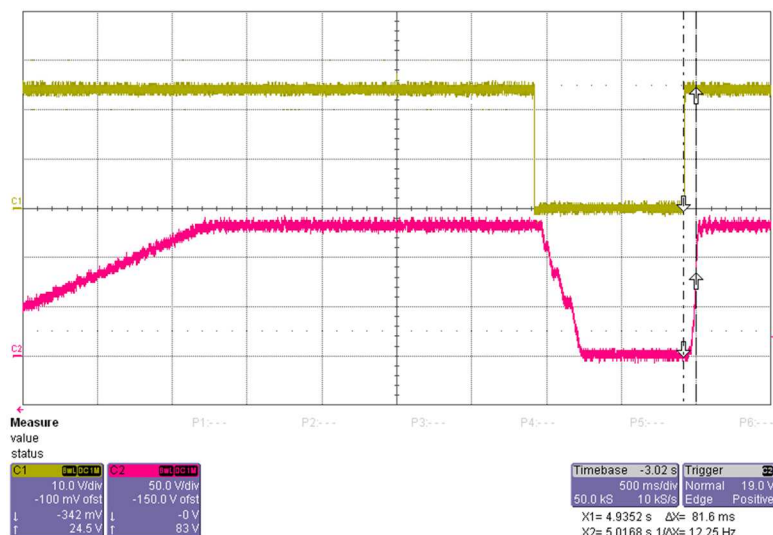
61

Na Obr. 59) je zobrazena aktivace brzdy, jejíž funkce byla naprogramována v PLC, princip spočívá v 1s aktivaci brzdy a následnému znovu naběhnutí na požadované otáčky. Z grafu je patrný propad ze jmenovité frekvence 50 Hz s časem zastavení 317,2 ms, jak je vidět z červeného průběhu. Žlutý průběh je snímán z cívky relé, které aktivuje brzdou viz elektronické schéma Eplan.



Obr. 59) Doba aktivace vypnutí brzdy

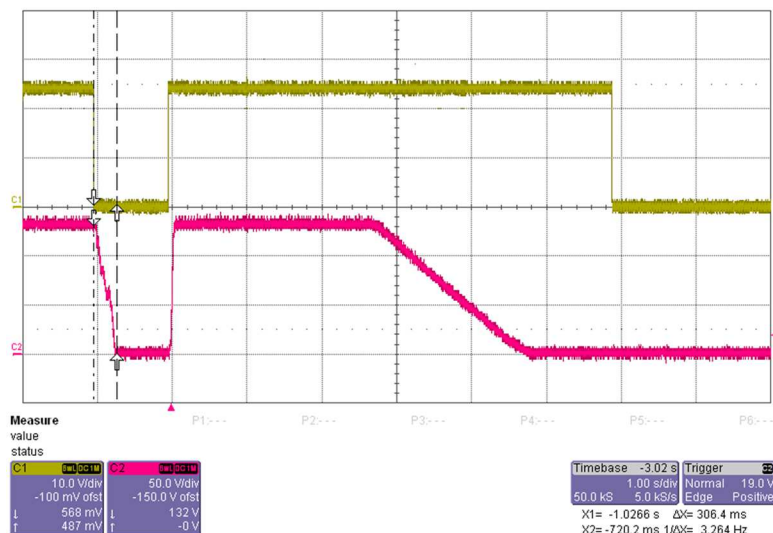
Obr. 60) zobrazuje regeneraci měniče při náhodném přetížení (aktivaci brzdy) na červeném průběhu, ze snímače otáček je zřejmá doba zotavení měniče a naběhu zpět na jmenovitou frekvenci 50 Hz, která odpovídá času 81,6 ms. Žlutý průběh je snímán z cívky relé K1 viz elektrické schéma Eplan.



Obr. 60) Doba regenerace měniče z nechtěného zastavení

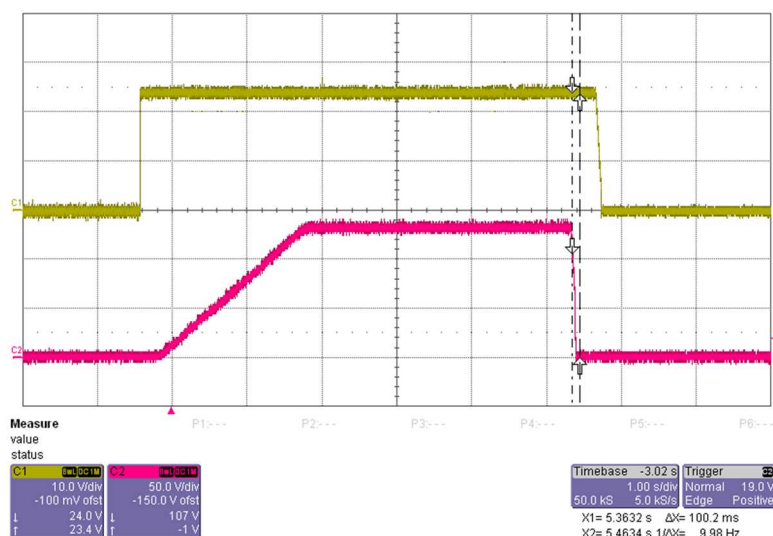


Na Obr. 61) je zobrazen průběh aktivace brzdy, kde snímání průběhu aktivace je bráno přímo z kontaktu NO K1, který následně aktivuje brzdu. Z průběhu je patrná rychlejší reakce zabrzdění než u Obr. 59), což je způsobeno kontaktem, který přímo ovládá brzdu a nedochází ke zpoždění aktivace cívky a následného sepnutí NO kontaktu. Rozdíl obou průběhů je 10,8 ms, tento rozdílový čas odpovídá přesně operačnímu času použitého relé Finder 55.33.9.024.0010.



Obr. 61) Aktivace brzdy snímání NO kontaktu

Na průběhu z Obr. 62) bylo také vyzkoušeno celkové vypnutí hl. vypínačem a odzkoušení chování projektu při nouzovém vypnutí. Z průběhu je zřejmé okamžité vypnutí měniče a tedy i otáček motoru v čase 100,2 ms, což je způsobeno odepnutím napájení jak pro měnič, tak i pro brzdu, čímž dojde k okamžité aktivaci brzdy. U žlutého průběhu z výstupu Out 2 aktivace měniče je zřejmý delší průběh než u aktuálních otáček, což je způsobeno vybitím zdroje.



Obr. 62) Aktivace hl. vypínače



## 9. Závěr

V úvodní části této diplomové práce jsou popsány bezpečnostní normy používané při konstrukci a realizaci průmyslových aplikací, které se dělí do tří základních skupin, normy typu A, B a C, jejíž bližší specifikace je popsána v jednotlivých normách. Následně je obsažený popis možných a používaných bezpečnostních prvků v elektrických pohonech, jejich hlavní podmínky se dělí taky do tří kategorií chování zastavení 0, 1 a 2, aby byla splněna co nejvyšší kategorie zastavení, musí v pohonu být integrovány jednotlivé podskupiny těchto možných funkcí zastavení.

Výsledkem této diplomové práce je kompletní realizace funkční bezpečnosti o kategorii zastavení 0, s bezpečností SIL3 a PLe. Tato bezpečnost je konstruována na komponentech firmy Allen Bradley, přičemž její realizace je postavena jak na softwarové části, tak i na hardwarové. V hardwarové části bylo potřeba navrhnout reálné schéma bezpečnostního okruhu s potřebnou funkcí, čímž v mém případě bylo dosaženo nejvyšší možné bezpečnostní funkce pro frekvenční měnič Powerflex 525 pro kategorii zastavení 0 – dobřeh. V zapojení bezpečnostních funkcí pro bezpečné vypnutí kroučicího momentu s nežádaným dobřehem je dosaženo za pomoci externího bezpečnostního okruhu realizovaného bezpečnostním relé MST127TP a bezpečnostních stykačů z řady 700S-CF. Uvedené zapojení bylo nakresleno v projekčním studiu Eplan. V softwarové části byla vyřešena realizace bezpečnostní funkce ztráty komunikace mezi PowerFlexem a Micrologixem 1400, ale také generace komunikačních zpráv pro řízení a čtení dat z měniče. Z frekvenčního měniče lze číst aktuální výstupní parametry jako je proud, napětí a také teploty nebo parametry jmenovité pro daný motor, čímž lze jednoduše zkontrolovat parametry přímo na vizualizaci bez pomoci dalšího zařízení. Vizualizace je hlavní diagnostickou periferií pro kontrolu aktuálních i nastavených hodnot nebo také pro poruchu, která je přímo popsána s možným řešením nápravy.

V diplomové práci jsem měl také možnost změřit průběhy chování frekvenčního měniče při režimech zapnutí nebo vypnutí, ale také při hazardních stavech jako je např. aktivace brzdy při běhu měniče. Dále také měření požadované funkce bezpečného vypnutí kroučicího momentu, kvůli kterému byla diplomová práce realizována. Měření probíhalo za pomoci osciloskopu LeCroy WAVERUNNER 6K a tachodynamu K10AL. Tachodynamem byly snímány aktuální otáčky frekvenčního měniče na naměřených průbězích - červený průběh. Žlutý průběh z měření byl vždy snímán na jiných částech zařízení např. z výstupu PLC nebo z kontaktu relé pro aktivaci brzdy, ale také z bezpečnostního relé při měření požadovaného vypnutí kroučicího momentu, od kterých byla snímána požadovaná změna hrany, aby to osciloskop zachytil. Měřené průběhy vypnutí kroučicího momentu lze vidět na Obr. 57) a 58) při frekvencích 25Hz a 50Hz, přičemž při frekvenci 25 Hz byla doba vypnutí zhruba poloviční oproti jmenovité frekvenci 50 Hz, dané průběhy odpovídají požadovanému průběhu z Obr. 8) funkční bezpečnosti STO.

V realizaci této diplomové práce jsem měl možnost prostudovat řadu odborných publikací, díky nimž jsem si rozšířil své vědomosti a poznatky bezpečnostních funkcí používaných v průmyslových aplikacích, které následně mohou uplatnit ve své praxi.

## 10. Seznam literatury

- [1] *Bezpečnostní normy* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/detail/15061>
- [2] *ČSN EN ISO 13849-1: Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů* [online]. Červen 2007 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: [http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html\\_nahledy/83/78821/78821\\_nahled.htm](http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/83/78821/78821_nahled.htm)
- [3] *ČSN EN 954-1: Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části řídicích systémů* [online]. 03/1998 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: [http://www.technicke-normy-csn.cz/833205-csn-en-954-1\\_4\\_51314.html](http://www.technicke-normy-csn.cz/833205-csn-en-954-1_4_51314.html)
- [4] *ČSN EN 62061: Bezpečnost strojních zařízení - Funkční bezpečnost elektrických, elektronických a programovatelných elektronických řídicích systémů souvisejících s bezpečností* [online]. 1. 12. 2005 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/detail/74550>
- [5] *ČSN EN ISO 14121-1: Bezpečnost strojních zařízení - Posouzení rizika* [online]. 05/2008 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: [http://www.technicke-normy-csn.cz/833010-csn-en-iso-14121-1\\_4\\_80863.html](http://www.technicke-normy-csn.cz/833010-csn-en-iso-14121-1_4_80863.html)
- [6] *ČSN EN 60204-1 ed. 2: Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů* [online]. 1.6.2007 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://csnonline.agentura-cas.cz/Detailnormy.aspx?k=78751>
- [7] WEIDAUER, Jean a Richard MESSER. *Electrical Drives: Principles, Planning, Applications, Solutions*. Erlangen, 2014. ISBN 978-3-89578-434-7.
- [8] *Safety function: Emergency stop* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: [http://www.wccandm.services/4\\_Portaal/Normen/Machineveiligheid/Stop20Types.pdf](http://www.wccandm.services/4_Portaal/Normen/Machineveiligheid/Stop20Types.pdf)
- [9] *PILZ: EN 61800-5-2* [online]. [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://www.pilz.com/en-GB/company/news/articles/087112>
- [10] *Siemens AG 2017: DRV-Brochure-safety-integrated* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/electric-drives/ac-drives/Documents/DRV-Brochure-safety-integrated.pdf>
- [11] *2711C-UM001I-EN-P: PanelView Component HMI Terminals* [online]. 2014 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2711c-um001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2711c-um001_-en-p.pdf)

- [12 ] *1766-PP001D-EN-P: MicroLogix 1400* [online]. 2011 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1766-pp001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1766-pp001_-en-p.pdf)
- [13 ] *1766-UM001K-EN-P: MicroLogix 1400* [online]. 2017 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1766-um001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1766-um001_-en-p.pdf)
- [14 ] *520-UM001B-CS-E: Střídavý frekvenční měnič PowerFlex 525* [online]. únor 2013 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/520-um001\\_-cs-e.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/520-um001_-cs-e.pdf)
- [15 ] *Rockwell Automation: MSR127RP/TP* [online]. [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://interavtomatika.com.ua/var/upload/files/Allen%20Bredley/safety%20modules/Safety%20MSR127RPtp.pdf>
- [16 ] *700-TD552A-EN-P: Relays and Timers Specifications* [online]. 2017 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/700-td552\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/700-td552_-en-p.pdf)
- [17 ] TOMEČEK, Jiří. Použití komponentů firmy Allen-Bradley v průmyslových aplikacích [online]. Ostrava, 2016 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/116129>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.

## **11. Seznam příloh**

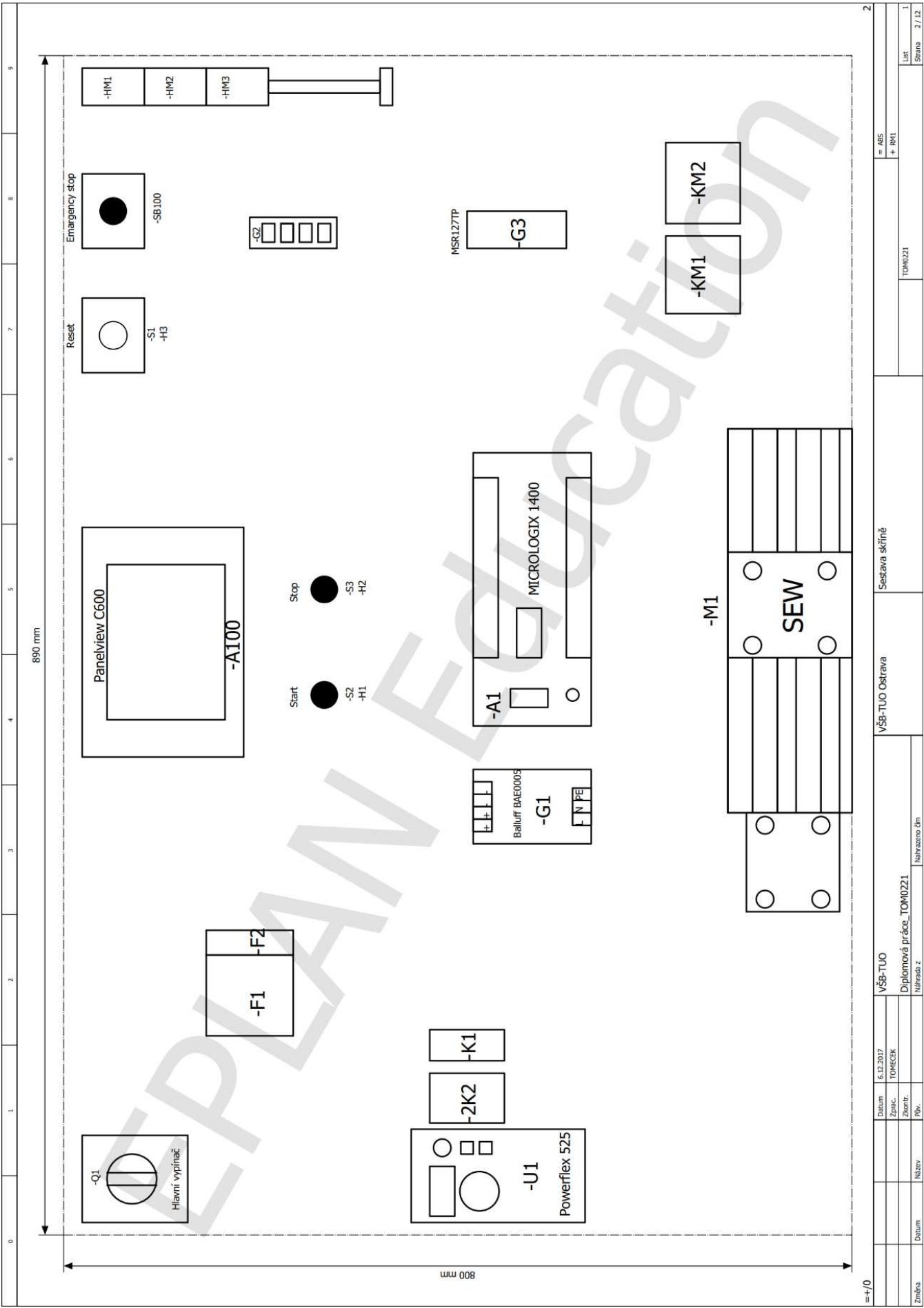
### **11.1. Příloha I.: CD**

Obsah CD:

- TOM0221 - Diplomová práce.docx - diplomová práce ve formátu MS Word
- TOM0221 - Diplomová práce.pdf - diplomová práce ve formátu PDF
- TOM0221 - Diplomová práce\_PLC.RSS - program PLC v RSLogix 500 English
- TOM0221 - Diplomová práce\_vizualizace.ccwsln - program vizualizace v CCW
- TOM0221 - Diplomová práce\_PowerFlex525.ccwsln - parametry PowerFlexu
- TOM0221 - Diplomová práce - projekt EPLAN

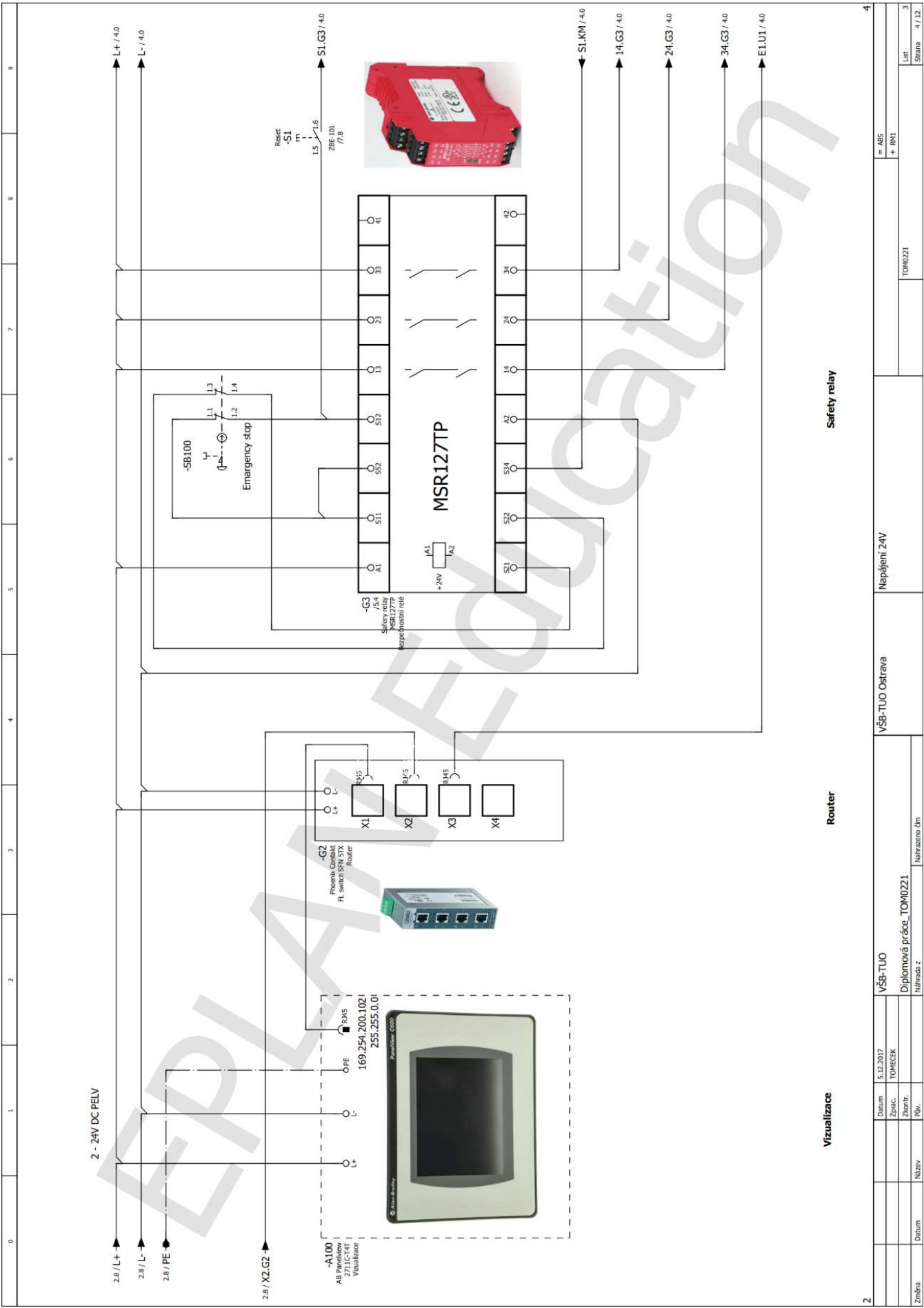
### **11.2. Elektrické schéma Eplan**

### **11.3. Certifikace bezpečnostní funkce PowerFlexu 525**



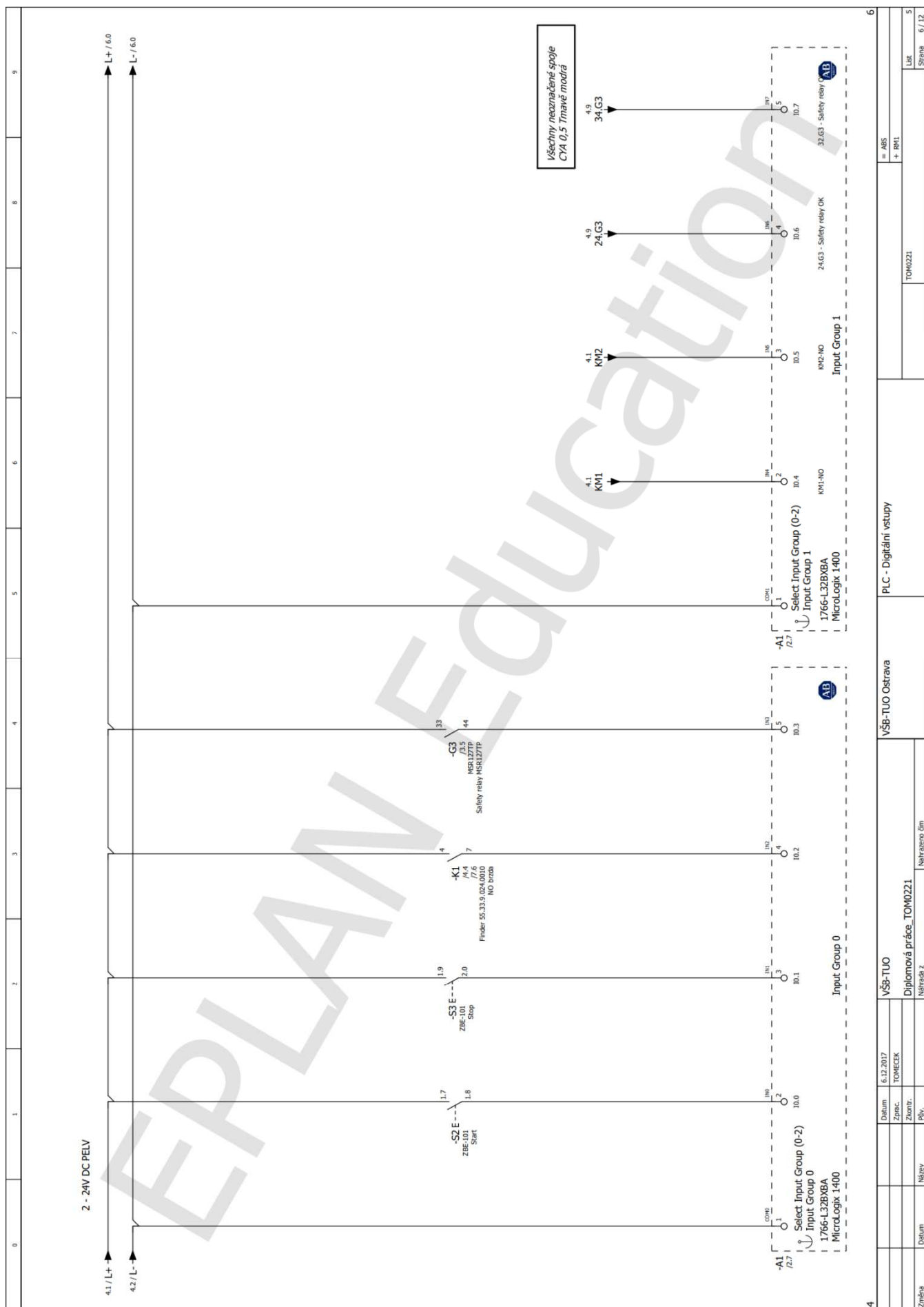
=+/0		VŠB-TUO		VŠB-TUO Ostrava		Sestava skříňe		= ABS + RM1		2	
Datum		6.12.2017		Zprac.		TOMECEK		TOM0221		1	
Změna		Datum		Název		Náhradní z		List		Strana	
										2 / 12	

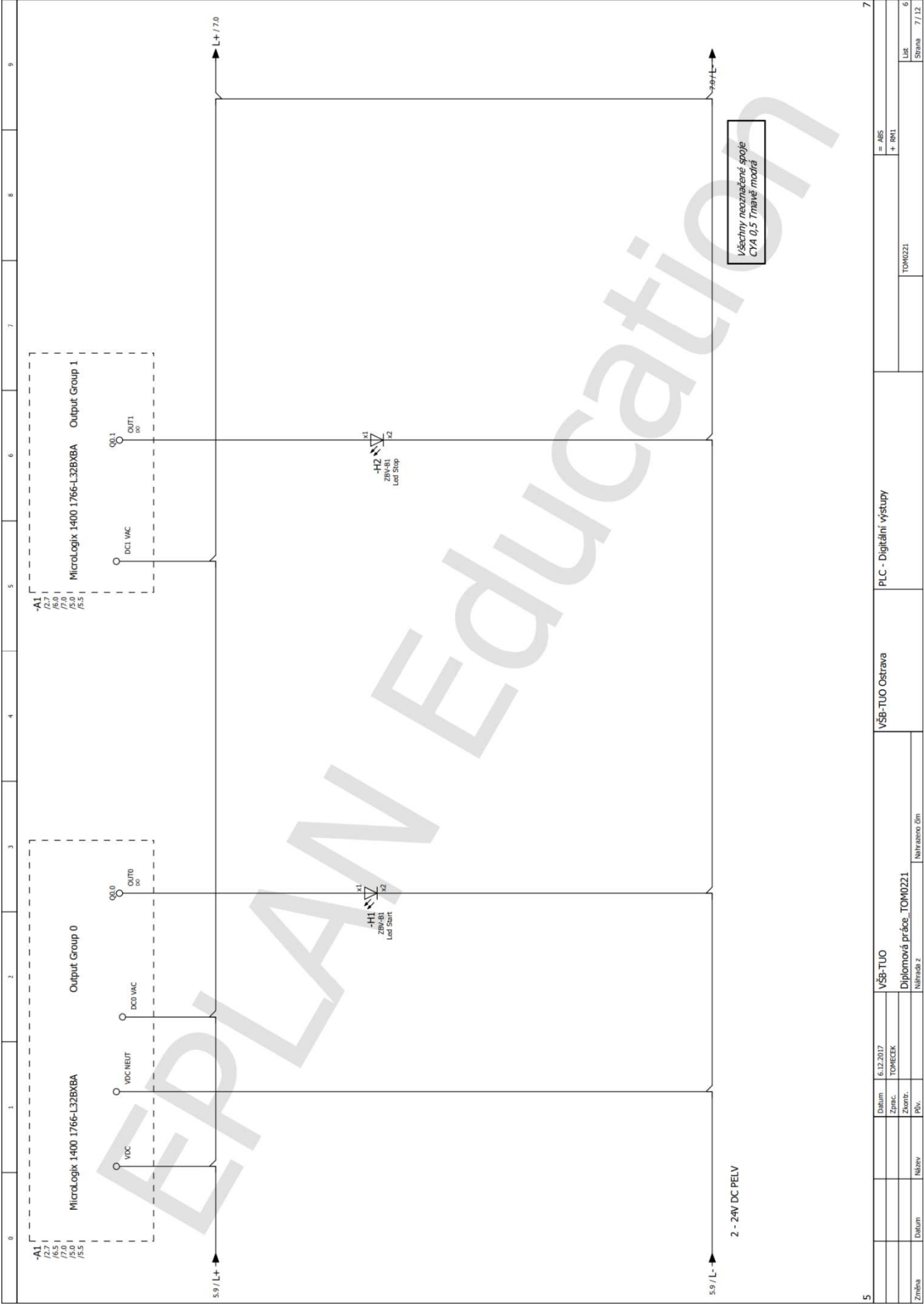




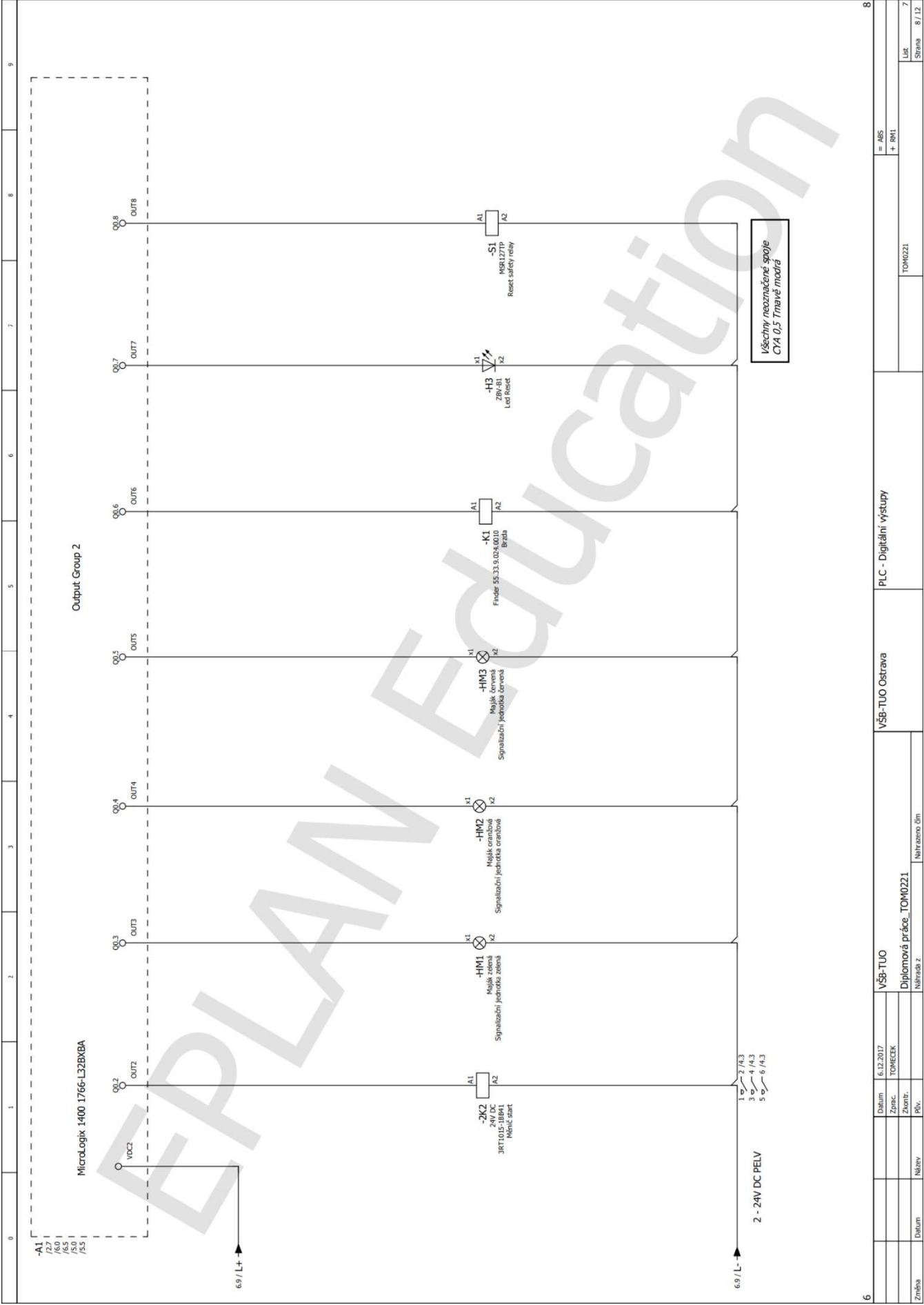








S		7	
= ABS + RM1		TOM0221	
Lst		Strana 7 / 12	
Změna		Datum	
Název		Přív.	
Datum		Náhrad z	
6.12.2017		V5B-TUO	
TOMECEK		V5B-TUO Ostrava	
Zprac.		PLC - Digitální výstupy	
Zkont.		Diplomová práce TOM0221	
Přív.		Náhrad z	



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Seznam přístrojů									
F03_001									
Označení přístroje Číslo artiklu Typové číslo	Funkční text Označení artiklu	Křížový odkaz	Symbol	Označení přístroje Číslo artiklu Typové číslo	Funkční text Označení artiklu	Křížový odkaz	Symbol		
-A1 1766-L32BXBA	PLC	/2.7		-U1 A-B 258-D4P0N104	Měnič kmitočtu	/4.2			
-A100 AB PanelView 2711C-14T	Vizualizace	/3.0		-WL_KM1 OMRON - 4G 1.00	Kabel Měnič kmitočtu	/4.2			
-F1 1492-FB3C30-130A 600V	Pojistkový odpolovač	/2.1							
-F2 CGALTN 6C/1	Jistič 1f	/2.4							
-G1 BAE0005	Zdroj	/2.4							
-G2 Phoenix Contact FL switch SFN 5TX	Router	/3.3							
-G3 MSR127TP	Bezpečnostní relé	/3.5							
-M1 WA20 DR63L4/BR/TH	Motor 3f	/4.3							
-Q1 LK16R-2.8211 32 A	Hlavní vypínač	/2.1							
7									
Změna	Datum	Název	Přív.	V5B-TUO			Seznam přístrojů		
	30.11.2017			V5B-TUO Ostrava					
	Zprac.	TOMECEK							
	Zkont.						TOM0221		
							Lut		
							Strana 9 / 12		

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F02_001									
Souhrnný kusovník artiklů									
Objednáč číslo	Množství	Popis Označení	Typové číslo Číslo artiklu	Výrobce Dodavatel	Cena za jednotku	Celková cena	Položka		
	1		1766-L32BXBA		0,00	0,00			
	1		1492-FB3C30-L30A 600V		0,00	0,00			
	1		A-B-25B-D4PN104		0,00	0,00			
	1		AB Panelview 2711C-T4T		0,00	0,00			
	1		BAE0005		0,00	0,00			
	1		C6ALTN 6C/1		0,00	0,00			
	1		CMFM - 4G 1.00		0,00	0,00			
	1		LK16R-2.8211 32 A		0,00	0,00			
	1		MSR127TP		0,00	0,00			
	1		Phoenix Kontakt FL switch SFN 5TX		0,00	0,00			
	1		WA20 DR63L4/BR/TH		0,00	0,00			
EPLAN Education									
8									
	Datum	30.11.2017	VŠB-TUO		Kusovník artiklů		= ABS + RM1		
	Zprac.	TOMECEK	Diplomová práce TOM0221		TOM0221		List		
Změna	Datum	Název	Přev.		Strana		10 / 12		
							10		



**TÜVRheinland®**

**ZERTIFIKAT  
CERTIFICATE**

**EC Type-Examination Certificate**

**Reg.-No.: 01/205/5249/12**

<b>Product tested</b>	Safety Function "Safe Torque Off" (STO) within the adjustable Frequency AC Drive PowerFlex 525	<b>Certificate holder</b>	Rockwell Automation 6400 West Enterprise Drive Mequon, WI 53092 USA
<b>Type designation</b>	PowerFlex 525; 25B, 120V, 240V, 400-480V and 600V	<b>Manufacturer</b>	see certificate holder
<b>Codes and standards forming the basis of testing</b>	EN 61800-5-2:2007 EN 61800-5-1:2007 (in extracts) EN 61800-3:2004 EN 62061:2005		EN ISO 13849-1:2008 + AC:2009 EN 60204-1:2006 + A1:2009 (in extracts) IEC 61508 Parts 1-7:2010
<b>Intended application</b>	The integrated safety function "Safe Torque Off" of the Frequency AC Drive PowerFlex 525 complies with the requirements of the relevant standards (Cat. 3/ PL d acc. to EN ISO 13849-1, SILCL 2 acc. to EN 62061/ EN 61800-5-2/ IEC 61508) and can be used in applications up to Cat. 3/ PL d acc. to EN ISO 13849-1, SIL 2 acc. to EN 62061/ IEC 61508.		
<b>Specific requirements</b>	The instructions of the associated Installation and Operating Manual shall be considered.		
It is confirmed, that the product under test complies with the requirements for machines defined in Annex I of the EC Directive 2006/42/EC.			
This certificate is valid until 2017-09-24.			



The test report-no.: 968/M 365.00/12 dated 2012-09-24 is an integral part of this certificate.

The holder of a valid licence certificate for the product tested is authorized to affix the test mark shown opposite to products, which are identical with the product tested.



Berlin, 2012-09-24

Certification Body for Machinery, NB 0035

Dipl.-Ing. Eberhard Frejno